目 录

4 信息模型中做市商定价策略分析

5 交易者交易策略分析的基本模型

6 交易者交易策略分析

7 影响价格行为的其他因素

8 中国证券市场有效性研究

1 导 论

1997年爆发的东南亚金融危机使许多国家的经济遭到了重大的打击。危机中,股票市场和外汇市场接连出现价格大幅度下跌的情况。到1998年底,印尼股市下跌38.5%,泰国股市下跌49.3%,马来西亚股市下跌57.7%,菲律宾股市下跌40.9%,新加坡股市下跌46.3%,韩国股市下跌60.0%,日本股市下跌23.2%。与此同时,印尼盾贬值83.6%,泰国铢贬值38.7%,马来西亚林吉特贬值39.0%,菲律宾比索贬值37.3%,新加坡元贬值15.4%,韩国元贬值35.3%,日元贬值18.3%。受东南亚金融危机影响,美国股市在1997年10月间也出现了道·琼斯指数下跌500多点的剧烈震荡,世界其他各主要股市也都出现不同幅度的下跌。出现这种局面的原因是什么?为什么创造了连续二十年高速增长奇迹的"东亚模式"一夜之间就失灵了?其股市和汇市为何会出现如此大的震荡,以致酿成影响全球股市和汇市的金融危机呢?这些不能不引起人们的深思。

东南亚金融危机的爆发固然有其宏观上的原因,例如整个世界经济出现了衰退,东南亚国家在外汇制度设计和

资本市场开放程度的把握上不当，过分依赖出口贸易拉动国内经济增长，以及国内投资取向过于集中于房地产等等。但这只是问题的一面，甚至可以说，这些只是引起金融市场大幅震荡的表层原因，其深层的原因还应当从其微观层面去寻找。

联想到1987年10月美国股市出现的那次剧烈振荡，我们有理由坚持这种观点，即在金融经济时代，当金融已成为整个经济活动的核心，并能相对独立运行时，影响金融市场行为的主要原因应当从市场本身的结构、市场交易机制和市场参与者行为等微观层面去寻找。

实际上，自1987年10月美国股市出现创记录的道·琼斯指数日下跌554点的动荡后，在美联储积极干预下，仅用了两个星期的时间，便使美国股市又恢复到原来水平。这一事件引起了各国经济学家的注意，他们对金融市场上金融资产价格及其形成机理、形成过程进行了更为深入的研究。这种研究的结果是使原来尚处于分散、零星状态的金融市场微观结构理论逐渐趋于完整、趋于成熟，金融市场微观结构理论也因此而成为当代金融理论的前沿。

1.1 金融市场微观结构理论的渊源和基础

1.1.1 金融市场微观结构理论的思想渊源

金融市场微观结构理论的核心是要说明在既定的交易规则下，金融资产交易的过程及其结果，旨在揭示金融资产

交易价格形成的过程及其原因。为此，需要研究影响金融资产价格的各种因素及其差异，并且要对这些因素及其差异形成的原因进行分析。这一理论的思想渊源就是微观经济学中的价格理论和厂商理论。

到目前为止，有关价格问题的分析和研究的成果始终是构成微观经济学的最主要内容之一。整个微观经济学也就是在寻找价格形成机制的过程中建立起来的。这一过程可分三个阶段。

1.1.1.1 供求价格论

威廉·配第(William Petty)在其1662年出版的《赋税论》中就已提出“自然价格”和“政治价格”的概念。在配第看来，“自然价格”是财货的内在价值，可由劳动时间来测量，而“政治价格”则是财货的市场价格。配第冠以“政治价格”，实际上表明了配第对市场价格的形成和决定因素已有所思考。这是配第对早期微观分析的一个重要贡献。后来的亚当·斯密(Adam Smith)和大卫·李嘉图(David Ricardo)在发展配第的劳动价值论的同时，也提出了供求价格论。

1838年，法国经济学家古诺(A.A.Cournot)在其著作《财富理论的数学原理的研究》中尝试用数学方法对处于垄断、寡头垄断和无限制竞争等不同条件下的价格决定作研究，他认为需求、供给等经济现象都和价格存在着函数关系，可以用函数形式来表示市场中的关系，从而也可以用数学语言表达某些经济规律。古诺的这一思想对后来的微观

价格理论形成有着重要影响。[1]

进入19世纪70年代以后，随着社会生产力的发展，周期性经济危机开始出现。现实问题迫使西方经济学家们从注重供给研究转向同时注重需求研究，注重市场供求关系对价格影响的研究。同时，由于自然科学取得较大的发展，特别是力学和应用数学的发展，使得边际增量分析方法和统计分析方法开始进入经济学研究领域，特别是价格研究领域，并由此而开始形成以价格理论为核心的微观经济学雏形。德国经济学家赫尔曼·亨利·戈森（Hermann Heinrich Gossen）曾经指出：经济学就是研究各种力量结合在一起所引起的结果，如果不借助于数学，便无从肯定这些结果。这一观点已被经济学家们普遍接受，并用于指导经济学研究活动。这一时期，在供求价格理论上取得的重要成果是：奥地利学派门格尔（C.Menger）、英国的杰文斯（W.S.Jevons）和法国的瓦尔拉（Leon Walras）等提出的“边际效用价值论”。后来，这一理论在奥地利学派的继承人维塞尔（F.von Wieser）和庞巴维克（E.von Böhm-Bawerk）那里发展成为一个完整的体系。

1.1.1.2 均衡价格论

当庞巴维克从对经济主体的主观心理作用分析出发得出完整的边际效用价值论的时候，英国剑桥学派的马歇尔（A.Marshall）又融合了供求论、边际效用论和生产费用论，提出了“均衡价格论”。“均衡价格”是指一种商品在市场上

[1] 张培刚、厉以宁：《微观、宏观经济学的产生和发展》，湖南人民出版社1986年版，第66-67页。

的供求达到均衡时的价格，此时，供给价格和需求价格达到一致。这里的供给价格是由提供该商品所付出的边际生产费用，即工资、利润、地租等决定，而需求价格则由买方所获得的边际效用，即商品满足买者“边际欲望”的能力所决定。

马歇尔的均衡价格理论除了吸收供求论、边际效用论和生产费用论等理论的思想和方法外，还在很大程度上受洛桑学派的数理分析和一般均衡分析方法的影响。但马歇尔在研究价格决定时，并没有完全采用一般均衡分析方法，而主要是采用局部均衡分析方法。

一般均衡分析方法是先假定各种商品的价格、供给、需求等都是相互作用、互为影响的，一种商品的价格不仅受制于其本身的供求状况，还要受其他商品的价格和供求状况的影响。只有在一切商品的价格和供求都达到均衡时，一种商品的价格和供求也才能达到均衡。这种一般均衡分析方法确实能有助于全面、真实地考察商品价格和供求变化规律，所以成为20世纪40年代最主要的经济学分析方法之一。人们不仅广泛运用它来分析价格和其他经济问题，而且还不断对它进行发展。如希克斯(J.R.Hicks)就曾用一般均衡分析方法探讨价格问题。他认为在商品世界中，存在着相互竞争(代用商品)和相互补充(补充商品)的关系。当一种商品的价格发生变化时，不单单使这种商品的供求关系发生变化，而且也使它的代用商品和补充商品的供求关系和价格随之发生变化，结果使整个市场的商品价格和供求关系发生连锁反应。这种关于一般均衡的思想就是：市场的均衡价格是在一系列的连锁反应中形成的。这种观点和思想方法对于我们认识今天的金融市场中，各种

金融产品、金融资产价格变化的规律是十分有益的。

但是当我们以一种商品的价格变动为研究对象时，如果要详细考察所有商品的价格和供求变动，那就会有许多困难，乃至于无从着手。所以马歇尔虽然也使用一般均衡分析方法，但他主要使用局部均衡分析方法。马歇尔认为经济现象非常复杂，只有采用“假定其他事物不变”的办法，对其他部分暂时存而不论，在一定时间里集中力量分析其中的一个或一部分，然后把这些局部分析的结果综合起来，才能得到整个研究的结论。这种局部均衡分析方法以其简洁明了而受到广泛欢迎，在现代微观经济学中得到广泛运用。

马歇尔除了奠定了局部均衡分析方法在经济学中的地位外，他还提出了连续原理、替代原理、需求弹性、供给弹性等概念。这些不仅丰富了现代微观经济理论，而且读者将会发现，金融市场微观结构理论中所有重要的组成部分都和这些概念有关，实际上它们都是这些概念延伸和扩展的结果。尽管马歇尔的均衡价格理论因其以完全竞争为立论前提而具有较大的局限性，但这一理论对当代经济金融理论，尤其是金融市场理论的影响，无论如何都不应低估。

1.1.1.3 厂商理论

马歇尔理论的缺陷在于它难以面对存在垄断的市场现实，因为在马歇尔确立的完全竞争条件下，厂商的行为被假定为一致的，任何厂商都被假定为不能对市场施加任何影响，都是价格接受者。但实际上垄断企业是可以操纵或部分操纵市场的，很多厂商都拥有其相对垄断优势，它们会按自己对市场的判断作出自主选择和决策。对厂商的这种自

主选择和决策行为，需要从理论上加以解释，要求建立“厂商理论”。

这一任务由美国的张伯伦(E.H.Chamberlin)和英国的琼·罗宾逊(J.Robinson)夫人于1933年分别提出的“垄断竞争论”和“不完全竞争论”而予以基本完成。张伯伦和罗宾逊夫人通过对垄断竞争的分析研究，使价格理论较好地反映了市场实际情况，并通过对收益和成本的系统分析，揭示了决定厂商价格和产量的过程和原因，从而使厂商理论得以建立起来。张伯伦提出的“个人均衡”(individual equilibrium)和“集团均衡”(group equilibrium)和罗宾逊夫人所强调的“边际收益等于边际成本”的原理以及“边际收入曲线”的分析工具都对厂商理论及整个微观经济理论的发展起了非常重要的奠基作用。这些概念、原理和工具对于当代的金融市场微观结构理论的形成也有着十分重要的影响。

1.1.2 金融市场微观结构理论的基础

金融市场微观结构理论的思想渊源是价格理论和厂商理论，这是毋庸置疑的。若对金融市场微观结构理论作进一步探讨，就会发现，在这一理论体系中，对所研究的核心问题——金融资产交易及其价格形成过程和原因的分析，不仅用到一般均衡、局部均衡、边际收入、边际收益、边际成本、效用、市场连续性等相关理论和方法，还用到了博弈论、信息经济学、交易成本理论、存货理论等。随着博弈论、信息经济学、交易成本理论、存货理论等的产生和发展，其应用范围日益扩大，渗入到了经济、金融各个领域。而金融交

易活动的特殊性，又使得这些理论和方法在金融领域中得到最成功的应用，因此这些理论和方法不仅推动了当代金融理论的发展，同时也构成了金融市场微观结构理论的基础。因此，有必要对这些理论的概况作一阐述。

1.1.2.1 博弈论

所谓博弈，即理性人为了实现最大利益或既定目标，面对一定的环境条件，在一定的规则下，从允许选择的策略中选择有利于实现现实的或潜在的利益的策略并加以实施，并取得相应结果的过程。由于在分析这一决策选择过程时，大量使用概率分布（贝叶斯方法）、数学期望，并结合效用、边际、均衡等概念，所以博弈论又称“对策论”。它是一种用数量方法研究理性经济主体（个人、企业、政府等）在特定的环境中和一定规则下，如何选择策略和行动方案，并取得预期结果的一种理论。

这里强调的特定环境和一定规则有三层含义：

一是指某个经济主体的决策是在受其他主体决策的影响下作出的；

二是经济主体作为一个理性人，他能预期他的决策会对其他经济主体发生什么影响；

三是当其他经济主体作出反应时，该经济主体会调整自己的决策。

按博弈论的观点，整个经济活动就是在这种决策——调整——再决策过程中不断发展，不断取得均衡。

在经济和金融活动中，价格是解决市场失衡的一种最重要的杠杆，价格制度也就成了人们用于解决市场冲突的最重要的制度。但在70年代以前的西方主流经济理论中，

虽然已注意到了垄断、寡头和政府管制对价格的影响，但在研究价格形成时，主要还是以自由竞争市场的供求均衡及信息完全为基础而进行的，而对经济主体之间的竞争、政府干预及信息不对称等问题给价格形成及人们的交易行为带来的影响并未作透彻的分析，甚至往往忽略这些重要的因素。实际上，这些市场参与者行为之间的相互作用对价格的影响更大。当人们注意到这些因素并对它们的作用进行认真探讨时，博弈论也就成了基础性的分析方法。

博弈论的思想在 19 世纪 30 年代古诺的理论中已经展示出来了，但在相当长时间里未被充分注意。20 世纪 40 年代冯·纽曼（von Neumann）和摩根斯坦恩（Morgenstern）合作出版了《博弈论和经济行为》（*The Theory of Games and Economic Behavior*），提出了以博弈为指导的对策论。他们认为个人效用函数不仅是自己选择的结果，同时也是别人选择的结果，个人的最优决策也是他人决策的函数。这种事例在实际生活中是常见的，如在定价决策中讨价还价、小企业定价跟着大企业走等。20 世纪 50 年代至 80 年代，博弈论有了较大发展，纳什在 50 年代初发表的《个人博弈中的均衡点》（*Equilibrium Points in n-Person Games*）[1950]和《非合作博弈》（*Non-cooperative Games*）[1951]提出"纳什均衡"（Nash equilibrium）的概念，阐明了博弈论与经济均衡的内在联系，奠定了"非合作博弈"的理论基础，从而也奠定了博弈论在经济和金融理论中的地位。后来的塞尔腾（R.Selten）、哈塞尼（J.Harsanyi）先后从两个方面发展了"纳什均衡"。塞尔腾在 1965 年引入"动态"（dynamic）概念，使原来的"静态博弈"（static games）发展为"动态博弈"

(dynamic games),精炼了纳什均衡,给出了"子博弈精炼纳什均衡"(subgame perfect Nash equilibrium)概念;而哈塞尼则在1967年～1968年把"信息不完全性"理论引入博弈论,创立了"不完全信息静态均衡"(games with incomplete information),使博弈论取得了突破性进展,从而大大提高了博弈论的应用价值。哈塞尼还首次提出"贝叶斯—纳什均衡"(Bayesian-Nash equilibrium)的概念,运用贝叶斯方法,即概率随机分布分析方法解决信息不完全条件下的博弈问题,并在1975年又引入动态概念,把贝叶斯—纳什均衡发展为精炼贝叶斯—纳什均衡(perfect Bayesian-Nash equilibrium),受到了人们的高度重视。纳什、塞尔腾、哈塞尼因对"博弈论"的发展及其在经济应用方面作出的开创性贡献而同时于1994年获得诺贝尔经济学奖。后来在80年代,克瑞普斯(D.Kreps)、威尔逊(C.Wilson)、弗登伯格(D.Fudenberg)和泰罗尔(J.Tirole)等一批博弈论专家对博弈论的发展也作出了重要贡献,他们提出了序贯均衡概念(sequential equilibrium),并出版了许多博弈论著作,标志着博弈论开始得到广泛应用。

在各种经济理论中,应用博弈论最多也最有成效的是金融市场理论。这是因为当代经济已进入金融经济时代,金融已成为经济的核心,资金的流动越来越多地通过金融资产交易方式进行。在金融资产交易中,交易各方都在想方设法争取收益最大化,都必须从个人效用函数及其约束条件开始,反复比较和选择其最优战略。而这种最优战略的确定又必须考虑到对手作为一个理性主体存在并也会作出最优选择的客观现实,这些正是博弈论要揭示的核心内

容，它与效用最大化是吻合的。在这样一种存在激烈竞争的情况下，一方面，金融市场的交易主体必然会自觉或不自觉地研究和应用博弈论思想与方法，尤其在金融衍生产品不断出现、不断创新，金融衍生品市场迅速发展，交易规模日益扩大时，交易价格的制定是否恰当对交易双方乃至整个市场都利益攸关，博弈论思想和方法的应用就显得更加重要了；另一方面，从市场组织与管理上来说，如何应用博弈论思想和方法，安排一种制度，既要满足个人理性的需求，又要能合理解决个人理性与集体理性之间的冲突，是一个亟待解决的重大问题。进入 90 年代以来，世界上发生了几次较大的金融危机，无论是墨西哥金融危机，还是东南亚金融危机，都昭示了这样一个事实：个人理性与集体理性之间存在矛盾和冲突，单个人的理性行为很可能导致集体非理性。在这两次危机中，很多国家的股市、汇市之所以出现如此剧烈的振荡，使许多国家经济陷入困境，其原因盖出于个人理性与集体理性之间的冲突。而要设计出一种能使个人理性与集体理性都得到满足的市场制度，就必须应用博弈论的思想与方法，这样的制度安排才能有助于促进金融市场、金融业和整个国民经济的良性发展。

1.1.2.2 信息经济学

博弈论之所以在 70 年代以后取得突破性发展，并能在经济与金融领域得到广泛应用，这和信息经济学的兴起直接相关。

信息经济学是在 20 世纪 60 年代至 70 年代产生并迅速发展起来的一种微观经济理论。信息经济学主要研究两个问题：一是在不完全信息（imperfect information）条件下

的经济分析。由于信息是不完全的，要获取信息就必须有成本，所以在信息不完全条件下的经济分析最关心的是信息的成本和最优的信息搜寻；二是在非对称信息(asymmetric information)条件下的经济分析。由于信息非对称，即某项经济活动中，如投资、交易、销售等，某些参与者拥有相关信息，而另一些参与者不拥有这些信息，或者某些参与者先于他人获得有关信息。在信息非对称情况下，每个参与者都想获得最优交易契约安排，所以非对称信息条件下经济分析又称为契约理论(contract theory)。在信息经济学文献中，往往把拥有信息的参与者称为"代理人"(agent)，而将不拥有信息的参与人称为"委托人"(principal)。在非对称信息条件下，市场参与者的经济关系，又可称为委托人—代理人(principal-agent)关系。[1] 所有的信息经济学模型都可以在委托—代理的框架下进行分析。一般认为委托—代理关系可发生五类风险，包括隐藏行动的道德风险(moral hazard with hidden action)、隐藏信息的道德风险(moral hazard with hidden information)、逆向选择(adverse selection)、信号传递风险(signaling risk)和信息甄别风险(screening risk)，其中典型的是前三类，即隐藏行动的道德风险、隐藏信息的道德风险和逆向选择。而隐藏信息的道德风险和逆向选择都缘起于参与人错误报告信息所致，因此又可概括为逆向选择。一般就将信息不对称发生在当事人签约之前(*ex ante*)所引致的风险也称为逆向选择风险，

---

[1] 张培刚：《微观经济学的产生和发展》，湖南人民出版社1997年版，第466页。

而将信息不对称发生在当事人签约之后(*ex post*)所引致的风险称为道德风险。相应的,研究事前信息不对称博弈的模型为逆向选择模型,而研究事后信息不对称博弈的模型为道德风险模型。[1]

不管是逆向选择风险还是道德风险,都会降低市场运行效率,甚至造成市场交易受阻。在金融市场交易过程之中,逆向选择的结果常常发生在投资者对借款人信息不了解,无法细分不同借款人提供的不同融资工具的质量,因而只愿意按平均价格进行投资,实际是鼓励资金流向低质量借款人,而抑制了资金流向高质量借款人,出现信用质量差的借款人反倒有可能取得资金的情况,这必然会使金融市场的资金配置发生错位,降低了市场效率。当低质量借款人获得资金后,就很容易发生道德风险。这种道德风险主要有三种情况:一是借款人或募款人违反契约规定,私下改变资金用途,使投资者的投资风险增大;二是借款人故意隐瞒投资收益,逃避偿付义务,或者是企业管理人员对股东隐瞒收益,谎称投资损失,让股东承担不存在的损失,以达到私分多分投资收益的目的;三是借款人或募款人对借入或募入资金的使用效益不关心、不负责,导致资金发生损失、浪费,损害了投资者的利益。道德风险发生的原因很多,其中委托人与代理人的利益摩擦是一个重要原因。如果委托人(如国家、股东)给代理人(企业经理人员)提供的待遇、支付的薪酬和代理人的期望相差较大时,代理人就可能会采取不负责任的做法,或以谎报经营业绩的手法来攫取财富,

[1] 张维迎:《博弈论与信息经济学》,上海三联书店1996年版,第398页。

而置委托人利益于不顾。

逆向选择会降低资金配置效率，而道德风险则会削弱市场的资金动员能力。

1.1.2.3 交易成本理论

要想克服逆向选择和道德行为这两类风险，就必须搜寻信息，而信息的搜寻是要花费时间、精力和费用的，这就是信息搜寻成本(search cost)，它和交易过程中发生的其他费用，如谈判、验证、履行合约等发生的费用一起构成交易成本(transaction cost)。交易成本可为零，也可为正。在完全竞争条件下，信息是完全的，交易成本为零。但现实世界并不具备这样的条件，因此，交易成本更多的是正的，交易成本越高，市场摩擦也就越大，市场作为一种交易管理机制的效率就越低，有时甚至使交易无法完成，导致市场失效。威廉姆森(O. Williamson)认为人性具有两个特点：一是有限理性(bounded rationality)；二是投机倾向(opportunism)，在未来不确定条件下，当市场交易数目很小时，这几个因素相互作用就容易使市场这一交易管理机制失效。[1]因此，就必须设法降低交易成本，有效的办法是明确界定产权。这就是"科斯定理"的核心思想。对这一思想有重要发展的是阿尔钦(A. Alchian)和德姆塞茨(H. Demsetz)等人。德姆塞茨的理论对金融市场微观结构理论的形成与发展有重要影响，本书后面将要专门论述。

作为一种交易成本，信息搜寻成本中很大一部分是用

[1] O. Williamson, 1975, *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*, New York Free Press.

于搜寻最低价格。罗思柴尔德(M. Rothschild)提出了一个"最优截止价格准则"(optimal-stopping rule)。[1]当寻求的边际成本等于预期收益时,就应停止搜寻而进行购买。因为在搜寻最低价格时,往往会有这种情形,在一个最低的既定价格基础上,对搜寻者而言,随着寻找到的价格逐渐降低,从价格搜寻中得到的边际收益便递减,而边际成本却在增加,因而人们找到的价格越低,就越不愿意再寻找更低的价格了。这一准则告诉人们,在存在搜寻信息成本的情况下,追求信息的完全性不一定是最优的选择,只要能获得有效率的信息,使其带来收益能与所花费的信息搜寻成本正好相抵,就能获得最优选择。这个准则同样适用于投资选择,适用于金融市场上的价格发现。

交易成本理论摒弃了传统经济理论中的"无摩擦"假设,并深入研究了市场摩擦所引起的交易成本对经济主体行为的影响,这种影响和边际概念是紧密相关的。交易成本理论是在应用边际理论的基础上发展起来的,而在金融市场交易主体选择交易策略时,无一不是在充分考虑其交易成本和边际收益等问题的基础上进行的。

1.1.2.4 *存货理论*

存货理论是管理科学中关于企业如何保持适度存货,以使企业实现利润最大化的理论。由于各种因素,例如生产的周期性、交通便利程度低、市场供应的临时短缺等可预见和不可预见的因素,常常容易使企业生产的原材料发生

[1] M. Rothschild, 1974, Searching for the Lowest Price when the Distribution is not Known, *JPE*.

脱节，从而使再生产过程受到阻隔，或者使企业产品脱销。为了应付不时交易之需，企业必须持有一定规模的存货，但存货又是耗费成本的(仓租、利息、管理费用等)，会影响企业的利润。为了保证实现利润最大化目标，企业家就会在不妨碍生产和交易的前提下，设法将存货规模缩小至最低限度，以节约成本支出。

在金融领域中最早引进存货管理方法的大概是埃奇渥斯(F.Y.Edgeworth)。1888年他在讨论银行行为时，就根据统计学的误差原理，推断银行储备金可按存款总额的平方根变动。[1] 在金融理论中运用存货管理方法最早成功的当数鲍漠(W.Boumol)的"货币需求的存货管理理论"。[2]后来托宾(J.Tobin)也证明了这一理论。[3]他们认为，经济主体持有现金就是持有一种资产，但这种资产是没有利息收入的，也即持有这种资产如同企业持有存货一样，也是为了应付不时之需。持有存货要有成本，而持有现金则要有机会成本，持有者获得了流动性和交易便利，但失去了用其投资于有价证券而可得的利息收入。所以，理性的经济主体就会想方设法尽量减少现金资产存量，而将收入投资于有价证券，待需要流动时，再设法变现。这里要解决的关键问题是：一个经济主体持有多少现金资产是最适宜的。根据存货管理理论要求，最适现金持有量应当是在持

---

〔1〕 饶余庆：《现代货币银行学》，中国社会科学出版社，1983版，第144页。

〔2〕 W.Boumol, 1952, The Transaction Demand for Cash: an Inventory Theoretic Approach, *Quarterly Journal of Economics*, 11:545-556.

〔3〕 J.Tobin, 1956, The Interest Elasticity of the Transactions Demand for Money, *Review of Economics and Statistics*, 8:241-247.

有现金资产的成本最小处决定的，这个成本由两部分组成，一是因持有现金资产而丧失的利息收入；二是有价证券变现的成本，包括交易手续费和其他支出。而求这一最适货币持有量的模型即为鲍漠—托宾的“平方根法则”。[1]

货币需求的存货管理理论提出后，对微观金融理论产生了相当大的影响，存货理论也开始被金融学家们广泛应用，特别是在金融市场微观结构理论中，占有十分重要的位置，成了金融市场微观结构理论的一块基石。伽曼(M.Garman)、斯托尔(H.Stoll)、阿米胡德(Y.Amihud)和蒙德尔松(H.Mendelson)等，在研究证券价格变化时，都运用了存货理论分析方法。他们都认为，证券市场参与者——做市商(中间商、专业经纪人等)的价格行为(买入报价和卖出报价)和他们所拥有的证券存货规模及其变化有关，从而建立了以存货为基础的市场微观结构理论和模型，论证了以下观点：[2]

(1)存货能起缓冲器作用，当做市商耗尽了其股票存货或现金时，他(她)们就将失败。因此，做市商都应当保持适当规模的存货和现金，即适当的资产组合，使自己在不确定的市场交易中有回旋余地。

(2)存货规模取决于存货的内在价值而不是其交易价

[1] 鲍漠—托宾的“平方根法则”是指，最适现金持有量 M/P 与交易量 Y 的平方根成正比，与利率 r 的平方根成反比，即 $M/P=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{2bY}{r}}$，其中 b 为有价证券的变现成本。

[2] 见 M.O' Hara, 1995, *Market Microstructure Theory*, Blackwell Publishers, Chapter 2.

格，而存货的规模又能决定性地影响做市商设定的买卖报价。

(3)影响做市商存货规模的因素是多种多样的，如市场交易规则、做市商的偏好、存货的成本以及与未来股价运动相关的其他因素等。

(4)存货的成本影响市场买入报价和卖出报价的价差，价差是存货成本的反映。

(5)不同的做市商面对存货对价差的定位，有不同的反应，这就可以保持市场的连续性。

当存货理论和博弈论与信息经济学相互结合后，一个更加完整的、系统的金融市场微观结构理论也就问世了。

1.2 金融市场微观结构理论的文献综述

目前，金融市场微观结构理论已从原来主要研究与供求随机特征相关的问题开始，变得更多地研究影响价格行为和市场机制的有关信息作用问题。相应地，该理论也从原来的以存货模型为中心的架构发展为现在的以信息经济学和博弈论为核心的架构。尽管在金融市场微观结构方面还有许多亟待研究的问题，但基本问题还是价格形成、市场规则与市场运行机制等和市场微观结构及其稳定性相关的问题。这些问题吸引了大量的经济金融学家，投入大量的精力进行开拓性研究，取得了不少成果。

1.2.1 德姆塞茨的《交易成本》[1]

一般认为德姆塞茨在1968年发表的论文《交易成本》正式奠定了当代金融市场微观结构理论的基础。[2]德姆塞茨当时最关注的是科斯的产权理论，他认为交易成本同发生交易时的产权种类有很大关系。但同时，他又十分关注证券市场上交易价格的形成与变化，并在《交易成本》一文中研究了供给方的卖价和需求方的买价之间的差价形成过程，第一次提出了一个买卖差价的模型。这个模型考虑到了买卖双方的时间跨度、买卖数量和买卖意愿强弱等因素。他认为这些因素的差异，如一方想即刻出售，而另一方却并不急于购买；如果双方都希望立即成交，但他们的买卖数量可能不一致等，都会导致市场交易失衡而不能有效地达成一个市场出清价格。德姆塞茨认为，在任何时点上，市场上都存在两种供给和需求来源，即希望即刻出售或购买的供求者，以及想出售或购买但并不急于出售或购买的供求者。如果想立即实现购买的交易者没有想立即实现出售的交易者或足够销售量满足其要求，则买者可能就会出更高的报价来诱使那些并不急于出售者提前出售。如果卖者找不到合适的交易对手或足够的需求量，那他就可能以一个较低的报价来促成即刻交易。

因此，德姆塞茨认为，买卖报价价差实际上是有组织的

〔1〕 H. Demsetz, 1968, The Cost of Transacting, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 82, 33-53.

〔2〕 M. O'Hara, 1995, *Market Microstructure Theory*, Blackwell Publisher, p. 5.

市场中为交易的即时性(immediacy)支付的加成。具体地，德姆塞茨的模型如图 1-1 所示。在图中，直线 D 和 S 分别是需求曲线和供给曲线，它们表示对那些为获得即时的、确定的执行价格而通过市价指令的投资者来说，价格和买卖指令的时间速率之间的关系。在交点 E 处，这两种速率相同。但是，一般买入和卖出指令不是在相同的时刻到达的，因此德姆塞茨假设存在独立的市场参与者群体，他们通过随时准备以已报出价格买卖来提供即时性。为弥补随时准备交易而产生的成本，这些即时性的提供者必须平均以高于他们买入股票的价格卖出股票，这导致需求曲线和供给曲线向下和向上移动至 D' 和 S'。德姆塞茨认为，S' 和 S 之间的垂直距离，即 D' 和 D 之间的垂直距离等于做市商为提供即时性而得到的单位总收益。

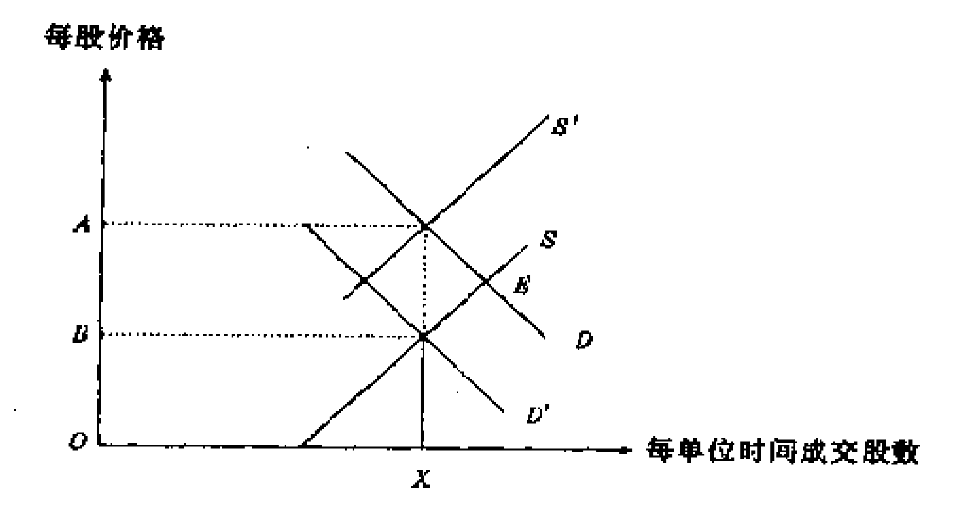


图 1-1　德姆塞茨对价差的分析

因此，在德姆塞茨模型中，市场均衡是由 D' 和 S 的交点(或者说，由 D 和 S' 的交点)给出的。该均衡表明 X 为即时性提供者愿意买卖股票的均衡速率，A 是投资者能够

实现马上购买的卖出报价，而 B 是马上卖出的买入报价，$A-B$ 就是买卖报价价差。如果在即时性的提供上存在着充分的竞争，那么，德姆塞茨认为，价差将调整到等于提供即时性的成本。我们进一步可以推测，如果提供该服务的成本趋向于零，价差也将趋向于零。

德姆塞茨的研究表明，市场行为很像企业行为，只能通过研究它们的微观结构和组织才能更好地理解和把握市场行为，从而为金融市场微观结构理论的形成和系统化做极其重要的奠基工作。尽管德姆塞茨设计的模型还有很大的局限性，如没有考虑到市场交易机制的运行对买卖报价的影响，没有考虑在一定的市场机制下交易者博弈行为及其相互作用对价格的影响，但他所做的开创性工作对金融市场微观结构理论发展的重要意义是毋庸置疑的。

1.2.2 关于买卖报价价差问题的研究

1.2.2.1 早期文献

金融市场微观结构理论的最早文献集中于交易系统的设计特征，即作为做市商（market maker）的交易者的运作。早在1975年美国证券市场发生巨大变革之前，已有一些学术研究论文考察了做市商的运作，包括斯蒂格勒（Stigler）[1964]、德姆塞茨[1968]和SEC[1971]。

斯蒂格勒着重考察了作为做市商的专业经纪人（specialist）的作用。他说明了做市商是如何通过他们的投机性交易来向市场提供流动性，并且斯蒂格勒认为，在竞争性的均衡中，做市商的买卖报价价差将恰好弥补他们的单位成本。在他的分析中，斯蒂格勒提出了一个在以后文献中被

经常讨论的问题:做市行为中是否存在着规模经济。

德姆塞茨第一个提出了对买卖报价价差进行分析的正式模型,并且认为该买卖报价价差实际上是"有组织市场中为可预见的交易的即时性(immediacy)支付的加成。与斯蒂格勒一样,德姆塞茨将买卖报价价差看成是即时性的提供者(即做市商)的报酬。他进一步推理认为,如果不同的做市商之间有足够的竞争,那么买卖报价价差将等于提供即时性的成本。

1.2.2.2 *存货模型*

随着研究的焦点逐渐转移到做市商的作用上,买卖报价价差首先成为市场微观结构理论的最主要研究对象。在该领域作出贡献的首先是 W.Bagehot[1971][1],其次是 Benston-Hagerman[1974]、Santomero[1974]、Logue[1975]和 Hamilton[1976,1978],所有这些论文都关注于做市商所承担的经济功能,并且试图解释做市商在向连续的双向拍卖交易系统(以纽约股票交易所(NYSE)为典型)提供做市服务后是如何得到补偿的。所讨论的主要内容包括信息驱动交易(类似于以后的知情交易)和流动性驱动交易(类似于以后的流动性交易)的区别(Bagehot[1971])、做市行为中的规模经济问题等(Benston-Hagerman[1974]、Hamilton[1976]和 Branch-Freed[1971])。

这些对买卖报价价差的各种分析导致了几种对做市商

---

[1] 实际上,*The Only Game in Town* 一文是 Jack Treynor 以 Walter Bagehot 的名义于 1991 年在 *Financial Analysts Journal* 上发表的。Bagehot (1826～1877)是英国著名的银行家、《伦巴第街》一书的作者。

在价差形成中作用的不同看法。这些观点包括：

(1)认为做市商是买卖报价价差的设定者，同时也是即时性的消极提供者(Demsetz、Tinic 和 West)。

(2)认为做市商是从流动性交易者处获利但同时又在知情交易者处受损失的进攻性交易者，如 Bagehot[1971]和 Copeland-Galai[1983]。

(3)认为做市商是根据其存货头寸变化而对价差进行调整的积极调整者。

所有这些观点的共同之处是，做市商或股票交易的专业经纪人能影响价差的大小并控制买卖价差，并且他们即使不是市场流动性的唯一提供者，也是最主要的提供者。

从 Garman[1976]和 Stoll[1978]起，研究重点开始转移到建立关于个别交易商[1]买卖报价价差的决定因素的更细致模型上，转移到交易商最优报价的具体特征上。Stoll 模型揭示的本质在于，为了提供流动性，交易商不得不偏离他的期望投资组合，因此他必须通过在其买入和卖出价格之间设定价差来弥补其损失。在他的分析中，Stoll 没有考虑交易商的垄断地位，也没有考虑交易商之间以及交易商们和普通投资者之间的交易关系，投资者被假设只能以市场指令进行交易，也就是投资者只能在交易商处买卖证券，并且不能下达限价指令。这一基本的要点一直保留在此后的存货模型中，如 Copeland-Galai[1983]。

1981 年，Cohen、Maier、Schwartz 和 Whitcomb(以下简

[1] 在这里交易商(dealer)等同于做市商。它不同于一般意义上的交易商概念，后者包括经纪商(broker)和自营商(dealer)两类。

称 CMSW)对存货模型作了进一步的改正，他们区分了个别做市商买卖报价价差和市场价差(所有交易商的最低买入报价和最高卖出报价之间的差额)之间的区别。这是因为，在一个有组织的交易所内，投资者的限价指令是被保留在专业经纪人的限价指令簿上的，而市场价格经常由这些公开限价指令决定，它可以是单向的，也可以是双向的。因此，观察到的价差通常不是专业经纪人的个人的买卖报价价差，并且该专业经纪人不是流动性的唯一提供者。CMSW 的研究表明，在竞争性市场上，市场价差的存在可以归因于投资者的最优指令下达策略的冲击，并且相对于在市场上较薄的证券(thinner securities，即交易不活跃的股票)，其价差往往更大。这也就是他们所谓的“引力拉动”(gravitational pull)效应，即在已有的对方报价的旁边，会有想确保迅速成交的引力(即如果某交易者的价格充分接近对方报价，他会跳过对方的价格并下达市价指令以确保成交)。正是“引力拉动”使得价差即使在市场加总的情况下也存在。

Ho-Stoll[1981，1983]将存货模型扩展至多个相互竞争的交易商的情况。通过对相互竞争的交易商下达的报价的分析，Ho-Stoll 发现，在相互竞争的交易商没有相同的报价时，市场价差会因为交易商使用最优交易策略而存在。他们指明了交易商会马上同另一个交易商交易而不是等待下一个指令到达，并将均衡的价差看作是交易商之间交易需求不平衡的结果。

1.2.2.3 信息模型

上面讨论的存货模型对市场价差提供了有意义的解释，但是，这些模型的基本含义是，交易成本(包括各种存货

成本)仍然决定买卖报价价差。以 Bagehot 于 1971 年发表的论文为标志,一种新的理论产生了,它不依靠交易成本,而是依靠信息的重要作用来解释买卖报价价差,这就是一般意义上所指的信息模型(information-based model)。这些信息模型借鉴了逆选择理论来说明,即使是在没有交易成本的竞争性市场上,价差也会存在。

信息模型有两个重要特征。第一个重要特征是,它考虑市场的动态情况,因此通过信息模型,我们可以考察价格的调整过程。第二个重要特征是,借助信息模型,我们可以考虑知情交易者和未知情交易者的潜在策略行为。

尽管做市商的服务以及买卖报价价差是市场微观结构理论研究的重点,但除此之外,还有其他一些市场行为特征也成为市场微观结构理论的研究对象。这些特征包括:(1)证券价格的波动性;(2)证券收益的序列相关方式的存在性。

1.2.3 关于证券价格波动性问题的研究

巴内尔(Barnea)和西尔伯(Silber)首先发现证券价格的波动性部分取决于该证券的质量。Barnea[1974]则试图通过考察短期价格波动性和长期价格波动性之间的关系来考察专业经纪人对股票价格波动性的影响。虽然由于其他因素的影响,这种分析没有进行下去,但这种分析方法却拓宽了判断证券交易特征的思路,并增强了对做市商的理解。

Silber[1975]对特拉维夫股票交易所进行了实证分析,他考虑了价格波动性与市场深度之间的关系。他的结论是,越是薄的证券波动性越大。

1979 年 CMSW 的分析证明了薄的证券的价格波动性要更大些。Kahn[1982]也证明了这一点。CMSW[1971]还提供了波动性—薄度关系的实证检验,以及专业经纪人对股票价格波动性影响的证据。

此外,1977 年 CMSW 还证明,专业经纪人的旨在降低价格波动性的干预也许是可行的,因为向市场下达限价指令所导致的方差的减小是一种公开的有利的外部性,而在不稳定市场上这种外部性是不足的。

1.2.4 关于证券收益的序列相关方式的研究

证券收益的序列相关方式是证券市场特征的一个重要内容,也是市场微观结构理论的一个重要内容。其中最受瞩目的不是个别证券收益的自相关,而是每一种证券收益和市场收益间的交叉序列相关,也就是某一时期某证券的收益与其他时期的其他所有证券或市场的收益之间的关系。

该市场微观结构研究同大量的关于随机行走和有效市场假说的检验有关,因为随机行走和有效市场假说表明个别证券收益的序列相关方式是非常弱的。一般认为,这种相关方式是足够地弱,以致于给定交易成本,交易者不可能通过使用正确设计的交易规则来从这种序列相关中获取利润。但是,有证据表明,在指数收益和市场模型的残差中,序列相关是存在的。

1983 年 CHMSW(指 Cohen、Ho、Maier、Schwartz 和 Whitcomb 等五人)证明,虽然在单个证券之间、单个证券和市场之间观察到的序列和交叉序列相关是弱的,但是,当根

据证券的市场价值(发行在外股票的价值)的某种测度对一组证券进行排列后,单个证券收益与证券市场收益之间的交叉序列相关却显示了与市场价值的很强的、单调的关系。

对于证券收益的序列相关方式的解释却有多种。早在1980年,CHMSW认为,序列或交叉序列相关方式是由信息不能瞬间或及时反应到证券价格中所导致的,并且,由于新信息导致交易指令的过程以及将指令转换成交易和交易价格的制度安排的不同,会导致存在复杂的滞后或同步交易方式。但是,交叉序列相关的复杂程度将使有利可图的交易规则不可能形成。原因在于,如果一个股票的价格不能充分调整至新信息所反映的真实价值,那么就不存在决定价格是过度调整还是调整不足的基础,也无从知晓全部调整在什么时候完成。因此,根据有效性一词的含义,即使在收益数据中存在明显的时际相关性,市场仍可能对信息是有足够反应的。

但是,交叉序列相关的存在提醒我们应注意效率一词的另一方面——运作效率(operational efficiency)。市场系统的组织越有效率,在交易过程中的摩擦越少,指令流到达市场的速度越快,指令转换成交易越快,因而信息也就更快地、完全地反映到股票价格中。因此,系统的运作效率越高,序列交叉相关的方式越弱,短期β值的偏差就越小。从另一个角度看,通过对收益的相关方式和半调整β值(OLS估计值)的偏差的检查,我们可以得到对交易系统运作效率的间接检测。

1.2.5 关于信息对交易量和价格的影响的研究

金融市场微观结构理论考察的另一个主要问题是新信息的产生及其对交易量和价格的影响。大部分市场微观结构理论文献的一个显著特点是它们试图对交易建立非均衡的模型。这样做的原因在于，在金融市场上，信息是以较大的频率到达的，推迟交易直到找到无摩擦的市场出清价格将使交易者不能迅速执行他们的指令。如果是假设瓦尔拉斯或其他均衡价格形成模型，那么解释观察到的各种现象（如市场指令、买卖报价价差和收益的序列相关）就变得不可能了。

1976 年 Copeland 建立了一个模型，分析一组同类的交易者序贯地收到相同信息时所导致的需求转移和相应的交易。在所有交易者对信息的理解是相同时，Copeland 证明交易量将是交易者数量和信息强度的对数级增函数。在更一般的、交易者对信息理解不一致并且受卖空限制时，Copeland 利用模拟证明在交易者有最大限度的相同看法时，交易量最大。

1977 年 Beja-Hakansson（以下简称 B-H）提出了另外的均衡和非均衡交易模型，它们符合弹性和市场出清原理的要求，并依据分配效率、交流要求和分配效应来对它们进行比较。B-H 证明，有中间交易的非均衡试探过程是帕累托有效率的，同时，拥有最新关于未来价格信息的知情交易者将从非均衡价格对瓦尔拉斯试探价格的取代中获利，即从中间交易中获利。它解释了交易所席位的价值以及信息的成本（如证券分析）。B-H 还证明，在交易者不断变化偏好

和实时互动的交易系统中，瓦尔拉斯试探过程是不收敛的，并且拒绝在均衡价格以外的价格上交易将阻止可能的帕累托改进。

非瓦尔拉斯价格调整过程是有深刻含义的，它意味着存在着对价格趋势进行投机的机会，就像运用“技术分析”进行投机一样，Beja-Goldman(以下简称 B-G)1980 年据此研究了投机。他们提出了价格调整的微分方程模型，其调整率取决于两个因素：一旦交易者愿意按当前价格向瓦尔拉斯拍卖者提交指令时存在的超额需求，以及由非均衡投机所产生的额外需求。投机性需求被假设基于对类似于指数平滑的价格趋势的估计。B-G 证明该投机性需求可以导致内生性价格振荡，并且推导出振荡有下降的、收敛于零的振幅的条件。

1981 年，格罗斯腾(Glosten)探索了通过交易过程揭示内幕信息的情况。该分析反映了市场微观结构理论发展的一种不断增强的趋势，即更注意对交易机制的结构进行研究。格罗斯腾假设了一个纯粹限价指令市场(例如，没有专业经纪人的交易商功能的 NYSE)以及两类交易者：知情的内幕人和未知情交易者。如果内幕消息是为内幕人所垄断的，那么该内幕人将在从交易中获利和他的交易可能揭示信息这两者之间权衡。另一方面，内幕人之间的竞争将加速他们的指令到达的总体速率从而马上揭示出信息。该研究表明，信息有效性取决于在交易价格的序列中揭示尚未正式公布的信息的概率。该研究的另一个令人感兴趣的方面是，它实际上将市场微观结构理论同有效市场假说紧密联系起来了。

1.3 研究金融市场微观结构理论的意义

如前所述，金融市场微观结构理论主要是研究在一定的市场交易规则下，金融资产交易过程中价格形成的机理。这种特定的研究对象决定了金融市场微观结构理论的研究方法和路径同以往传统经济学、金融学有很大的不同。金融市场微观结构理论主要是在信息经济学和博弈论基础上建立和发展起来的，这就使得金融市场微观结构理论更能反映市场运行实际情况，并拓宽了金融学的研究领域。研究金融市场微观结构理论至少具有以下三个方面的意义。

1.3.1 有助于把握金融理论的发展动态

金融市场微观结构理论和原来的金融理论相比较，有两个特点：一是原来的金融理论比较注重宏观分析和总量分析，而金融市场微观结构理论注重的是微观分析和变量分析，它主要研究金融市场微观结构、市场规则及其变动的影响、市场参与者决策行为及其对市场价格变化的影响，买入报价和卖出报价的价差及其变动原因等微观层面的问题；二是原来的金融理论多运用演绎法而金融市场微观结构理论主要运用计量经济模型来进行实证分析，同时也注意运用演绎推理方法和行为分析方法。

金融市场微观结构理论的这两个特点实际上是反映了当代金融理论更注重对"理性人"这一金融和经济活动中的主体的研究，这是当代金融理论也是经济理论发展的一个

重要表现。在金融市场微观结构理论中关于存货模型的分析、价格行为的分析等，都着重突出了对人的理性行为和非理性行为的发生及其原因的分析，从而使得对市场上的价格变动的分析更深入了。

1.3.2 有助于推动经济学的发展

由于金融市场微观结构理论研究的中心课题是揭示市场价格形成的原因和过程，因此金融市场微观结构理论又能弥补经济学的缺陷。

在追溯金融市场微观结构理论的思想渊源时，我们已经了解到，价格形成问题一直是经济学家们最关注的问题，从而也成了经济学的核心问题。但传统的经济学在讨论价格形成原因时，总是从许多严格的假设条件出发，例如，完全竞争条件下有众多的买者与卖者，私人信息同市场共同信息发生作用，私人信息的相互作用微不足道等。人们是根据自己的收入、偏好与市场价格来决定购买行为，企业只根据自己的资源、技术和市场价格来决定供给，一切都是有规律的，仿佛市场价格形成是一个无摩擦的瓦尔拉斯均衡过程。后来的信息经济学、厂商理论和博弈论对原来在经济学中假设的条件进行论证，认为在大多数情况下这些条件都不具备。现实经济生活中，在一定的时间和空间里，买者和卖者数量有限，而市场参与者之间的私人信息相互作用影响巨大。市场价格作为一种经济信息是在寻找中获得的，这种信息搜寻本身就是有成本的，这种成本反过来又对市场价格发生影响。因此，仅此而言，可见市场价格的形成是非常复杂的，这一价格形成过程与瓦尔拉斯均衡要求相

去甚远,至多也只是局部地与瓦尔拉斯试探过程相同。

普通商品的价格形成尚且如此复杂,作为金融资产的有价证券价格的形成过程就更复杂。金融市场微观结构理论以研究有价证券价格形成机制为主要任务,该理论不仅有助于人们理解金融市场交易机制、交易价格的形成与金融资产收益、金融市场效率之间的关系,有助于人们理解价格为什么会呈现出特定的时间序列特征等问题,而且也有助于人们深入理解一般均衡价格的形成机理,从而使经济学更能反映经济活动的实际情况,推动经济学的发展。

1.3.3 有助于改善对金融市场的监管

金融市场微观结构理论受到人们普遍重视是缘于1987年纽约股市大振荡,这次大振荡充分暴露了金融市场的脆弱性。在宏观经济相对稳定的情况下,一则与收购有关的信息造成了纽约股市有史以来最大的振荡,这不能不使人们去关注微观原因,去分析交易机制和市场规则及其影响股价的机理。特别是在通讯技术不断改进、金融创新不断发展、新的市场和交易场所不断涌现的情况下,金融业本身也发生了巨大的变化,充分了解市场微观结构和价格信息之间的关系有助于正确估计这些变化带来的影响,从而制定相应的对策。

最近的实证研究表明,市场微观结构对金融资产价格变动有着十分重要的影响。过去,人们在研究金融资产交易价格时,不太考虑形成该金融资产价格的市场微观结构,但实际上,它们之间是有密切联系的。如证券价格的变动不是连续的,而是存在着固定的增量,该增量一般被称作最

小价格变动单位(tick)。又如金融资产成交很可能是集中于某一天或一天中的某个时间,而不是均匀地成交的等等。这些无不对金融资产价格的统计特征发生重要影响,特别是在有做市商的市场上,做市场的买入报价和卖出报价之间的差额对证券价格变动的序列相关性的影响就更大了。了解这些实际情况,掌握有关信息及其变化规律,对于加强监管、设计更合理的交易机制无疑是有重大决策意义的。

2 金融市场、价格与信息

金融市场微观结构理论的主要内容之一就是考察市场交易机制与证券价格行为之间的关系，进而对包括交易机制设计在内的市场微观结构、市场的存续性和稳定性提出一些指导性意见。因此，在具体考察交易机制与证券市场价格行为的关系前，有必要详细介绍一下金融市场的主要交易机制，从而为以后建立的模型提供一个制度背景。

2.1 金融市场交易机制分类

目前，在世界各主要的金融市场中，交易所中所采用的交易机制有许多种，因而有必要对它们进行一定的分类。这种分类不仅是为了简便起见，更因为这几类交易机制有着本质上的区别，对价格—信息机制会有不同的影响。

交易机制的关键功能在于将投资者的潜在供求转换成已实现的交易，在这一转换过程中，价格发现(price discovery)过程，即形成市场出清价格的过程是关键。不同的交易机制在价格发现过程中所起的作用是各不相同的。各交易机制在所允许的指令类型、交易可能发生的时间、指令提

交时投资者所能获得的市场信息的数量和质量，以及对做市商提供流动性的依赖性都会有所不同。

交易机制的划分方法主要有两种。一般地，对交易机制的最主要分类是把交易机制分成连续交易系统和定期交易系统。在连续交易系统中，投资者的交易指令在提交后就可能马上被执行，其特点是可能在不同的价格上发生一系列的双边交易。连续交易系统又可进一步细分为撮合系统和交易商系统。而在定期交易系统中，投资者的交易指令被收集起来，等待在预先约定的时间同时执行。定期交易系统的特点是在同一价格上发生一组多边的交易，因此，定期交易系统也被称作集合竞价(call auction)或者批量市场(batch market)。定期交易系统又可再进一步分为公开叫价系统、书面指令系统、连续市场的开市批量交易系统。对交易机制的另一种有效区分是将它分成报价驱动系统和指令驱动系统两类。

2.1.1 定期交易系统

在定期交易系统中，在某一段时间内到达的指令并不是马上成交的，相反，它们被存储起来，直到在约定时刻的多边交易中成交。依据指令是口头上的还是书面的，我们可以将定期交易系统细分为公开叫价系统(open-cry system)和书面指令系统(written-order system)，这两者的本质区别在于，交易者(部分或全部)是否能够观察到市场的形成并相应地修改他们的指令。很明显，公开叫价系统下的交易者能这样做，而书面指令系统的交易者一般不能这样做。

2.1.1.1　公开叫价系统

在这种交易机制下，所有指令都必须由经纪商在交易所的交易大厅内成交。交易往往是在几个交易池中进行的。每个交易池中的上市股票都按照一定的顺序被集合竞价。主持集合竞价的拍卖者选择将集合竞价的股票并报出昨天的收盘价。交易员马上说明是买还是卖以及将要买卖的数量。拍卖人随时调整价格直到供求平衡。更确切地说，是在给定最小价格变动单位时使可能的供求差额最小化，或者说，使成交量最大。如果供给和需求不能完全相等，拍卖人将首先全部满足所有市价指令以及优于批量成交价格的所有限价指令，其次将部分地满足报价刚好等于批量成交价格的限价指令，即如果在此成交价格上供给量大于需求量，则有部分报价等于批量成交价格的供给限价指令不能成交，反之，则有部分报价等于批量成交价格的需求限价指令不能成交。

公开叫价系统的最大特点在于其“互动性”，即场内交易员(可以是为自己帐户交易，可以是执行大量客户的全权委托指令)有可能根据拍卖时试探性叫价所揭示出来的信息而修正其买入卖出指令。正因为如此，公开叫价系统往往被用于交易最活跃的股票。

一般地，公开叫价方式的集合竞价后，交易会马上减少，甚至没有。因此，为了增强这些股票的活跃程度，交易所往往会在公开叫价后允许二次叫价。所谓二次叫价，就是在股票开盘后，经纪商可以要求第二次竞价，即使另外一只股票正在开始首次集合竞价。但是由于通常该经纪商只能找到一个交易对手，因此，第二个价格及以后的价格往往

不可能是以前的批量成交价格。从本质上说，二次叫价是向连续竞价的过渡，因为交易机制已经变成双边讨价还价的撮合系统。这种二次叫价在巴黎股票交易所最为典型。布鲁塞尔股票交易所也允许二次叫价。

2.1.1.2 书面指令系统

书面指令系统的本质在于，交易指令是集中于指令簿上的，并且交易系统不提供任何的"指示性"价格，即在给定时刻，交易员下达的指令的未来成交价格就是即将发出的报价。因此，对交易员来说，在指令成交前，不存在修改指令的机会。

书面交易一般是由做市商组织的，该做市商以书面形式接受其他经纪商下达的指令以及本公司的指令，并确定使供给量等于需求量的价格。如果供求不能完全平衡，则做市商可以减少指令数量较大的一方，也可以从自己的帐户中下达指令以减少差额，前提是减少潜在的价格波动。没有成交的指令保留在指令簿中等待以后成交。但是，如果这些指令被指定只参加集合竞价，则在开盘后，这些指令就被取消。

一般地，书面指令系统适合于交易不活跃的股票。例如，在阿姆斯特丹、法兰克福和维也纳市场上，不经常交易的股票就适用书面交易方式。在维也纳市场，如果拍卖人认为该试探价格将导致过大的价格变化，交易者可以修改指令。而在阿姆斯特丹，做市商可以从自己的帐户中下达平衡指令。

从经济学角度看，由于公开叫价系统中的交易员有机会修改自己的指令，因而它更接近经济理论中的瓦尔拉斯

试探过程。

2.1.1.3 连续市场的开市批量交易

适用指令簿撮合系统的连续市场往往通过批量交易来开盘，如美国的 NYSE、AMEX、多伦多股票交易所 CATS 和日本东京股票交易所。该方法有点类似于书面交易系统，有时也可以修改指令，因而又类似于公开叫价系统，只要开盘价满足交易所规定的最大价格变动限制，那么持有指令簿的人可以寻找使供给和需求最接近的价格并宣布它为开盘价。一般地，指令在早晨开盘前或隔夜就已到达经纪商处。

2.1.1.4 在批量成交价格处超额供给或超额需求的分配

一般在批量交易系统下，很少会出现供求完全相等的情况，此时就会产生超额供给或超额需求（两者不可能同时出现）的分配问题。具体地说，产生超额供给或超额需求分配的原因有以下三个方面：

（1）价格不是一个连续变量。由于最小价格变动单位的缘故，如在美国市场上，最小价格变动单位往往是 1/8 美元，不可能出现供给完全等于需求的价格。

（2）数量不是一个连续变量。绝大多数交易指令是以整数（又称“手”）的形式出现的。

（3）如果批量成交价格的设定是为了避免违反最大价格变动限制，而不是使供给等于需求，那么也会出现超额供给或超额需求的分配问题。

最常见的分配方法是从多余的那边随机抽取指令来成交，如有些交易所规定市价指令和优于批量成交价格的限

价指令将全部成交，而其他的指令将按比例成交。但有些交易所会鼓励做市商或场内交易员在较少的一边下达额外的指令，以使供给等于需求。

2.1.1.5 我国证券交易所的批量交易系统——开市前集合竞价

所谓集合竞价，即是在某一规定的时间内，由投资者按照自己所能接受的价格自由地进行买卖申报，之后，由电脑自动撮合系统进行匹配，产生一个成交价格，该成交价格即被确定为开盘价格。目前，集合竞价在每一营业日的9:15～9:25进行，此期间电脑自动撮合系统只储存而不撮合，储存方式体现了"价格优先、时间优先"的交易原则，即电脑主机分别将所有的买入和卖出申报按价格由高到低排列，同一价格下的申报则按电脑主机接受的时间先后顺序排列。在9:25一瞬间，对于每一个证券，系统根据收到的所有买卖盘决定一成交价，继而将能够成交的委托按此成交价全部撮合成交。集合竞价所产生的开盘价格必须同时满足下列三个条件：(1)成交量最大；(2)高于开盘价格的买入申报和低于开盘价格的卖出申报全部成交；(3)与开盘价格相同的买方申报或卖出申报至少有一方全部成交。需注意的是，在集合竞价过程中有可能产生同时满足集合竞价三个条件的两个成交价格。我们可以看到，深、沪两家交易所对这种情况的处理方法是不同的。

集合竞价的原理最早可以追溯至庞巴维克(Eugen von Böhn-Bawerk)的"边际对偶"(marginal pairs)理论。虽然庞巴维克提出该理论的目的是想证明价格取决于交易者的个人主观评价，但是他的确用他的边际对偶理论分析了众多

买者和卖者之间的多边竞争情况，考察了这种交易机制下价格的决定过程。集合竞价过程实际上是边际对偶理论的直接运用，只不过更为复杂。首先，在集合竞价期间，将收到的所有投资者下达的指令按照价格高低排列如表 2-1。

表 2-1　　集合竞价的试探过程

	买入价格	买入数量	累积数量	累积数量	卖出数量	卖出价格	
高	${}_nP$	${}_1B$	${}_1\Sigma={}_1B$	$\Sigma_1=S_1$	S_1	P_1	低
	${}_{n-1}P$	${}_2B$	${}_2\Sigma={}_1\Sigma+{}_2B$	$\Sigma_2=\Sigma_1+S_2$	S_2	P_2	
↓	${}_LP$	${}_LB$	${}_L\Sigma$				↓
				Σ_L	S_L	P_L	
	${}_3P$	${}_{n-2}B$					
低	${}_2P$	${}_{n-1}B$			S_{n-1}	P_{n-1}	高
	${}_1P$	${}_nB$			S_n	P_n	

随后，采用试探过程寻找满足三个条件的开盘价格。首先，设初始试探价格为 P_L，则所有价格高于 P_L 的买入申报、所有价格低于 P_L 的卖出申报都将成交，此时分别计算累积数量${}_L\Sigma$和Σ_L，若有${}_L\Sigma<\Sigma_L$，即累积卖出量大于累积买入量，则说明此价格被定高了，此时应调整 P_L 到更低价格$P_L{}'$。重复进行上述过程，直到出现${}_L\Sigma'\geqslant\Sigma_L{}'$。若有${}_L\Sigma'>\Sigma_L{}'$，即累积卖出量小于累积买入量，则说明此价格被定低了，此时应调整至稍高价格 P_H。该过程一直进行下去直到出现两个价格，这两个价格只差最小价格变动单位(假设报价是连续时)或这两个价格之间没有出现其他价格，在 P_{L1}时${}_L\Sigma''>\Sigma_L{}''$，在 P_{H1}时${}_L\Sigma'''<\Sigma_L{}'''$。这时分别比较 P_{L1}时的成交量$\Sigma_L{}''$ 和 P_{H1}时的成交量${}_L\Sigma'''$，若$\Sigma_L{}''={}_L\Sigma'''$。则 P_{L1}和 P_{H1}都是成交价格，否则，则取有较大成交量的价格为成交价格。

实际上，集合竞价过程可以用更简化的方式表达，这种表达方式更接近交易所实际采用的集合竞价过程，只不过其中已经没有试探过程的影子了。我们知道，在任何价格上，成交量将是申报价格大于该价格的累积买入申报量和申报价格小于该价格的累积卖出申报量中较小的一个。因此，若某种股票以集合竞价方式产生开盘价，则我们可以把有效申报排列如下，其中价格一项所表示的价格是所有买入价格和卖出价格的并集，即在其中的某一价格上可能只有买入申报而没有卖出申报，而在另一个价格上可能只有卖出申报而没有买入申报。

表 2-2　　集合竞价申报排列

	价格	买入申报数量	累积买入量	成交量	累积卖出量	卖出申报数量
高	P_1	B_1	$\Sigma_1 = B_1$	$Min(\Sigma_1, {}_1\Sigma)$	${}_1\Sigma = S_1$	S_1
↓	P_2	B_2	$\Sigma_2 = \Sigma_1 + B_2$	$Min(\Sigma_2, {}_2\Sigma)$	${}_2\Sigma = {}_1\Sigma + S_2$	S_2
	P_3	B_3	$\Sigma_3 = \Sigma_2 + B_3$	$Min(\Sigma_3, {}_3\Sigma)$	${}_3\Sigma = {}_2\Sigma + S_3$	S_3
低	P_{n-1}	B_{n-1}	$\Sigma_{n-1} = \Sigma_{n-2} + B_{n-1}$	$Min(\Sigma_{n-1}, {}_{n-1}\Sigma)$	${}_{n-1}\Sigma = {}_{n-2}\Sigma + S_{n-1}$	S_{n-1}
	P_n	B_n	$\Sigma_n = \Sigma_{n-1} + B_n$	$Min(\Sigma_n, {}_n\Sigma)$	${}_n\Sigma = {}_{n-1}\Sigma + S_n$	S_n

表 2-2 中，有一部分 B_i 或 S_i 为零。取 $Max\{Min(\Sigma_i, {}_i\Sigma)\}$ 所对应的价格 P_i 为成交价格。不难判断，该成交价格 P_i 一定满足集合竞价的三个条件，P_i 也就是我们所要寻找的成交价格。可以证明，集合竞价不会产生三个以上（包括三个）的成交价格。因此，上海证券交易所规定，在出现两个成交价格时，即有 $Max\{Min(\Sigma_i, {}_i\Sigma)\} = Max\{Min(\Sigma_j, {}_j\Sigma)\}$，取这两个成交价格 P_i、P_j 的中间价格为开盘价格。深圳证券交易所的集合竞价原则与上海证券交易所大致相同，最大的区别在于，若有两个成交价格，则选择离

昨日收市价最近的价位作为开盘价，而不是上海证券交易所所采用的两个成交价格的中间价。

2.1.2 连续交易系统

首先需要明确的是，"连续"并不是指交易在不断地进行，而是指在两个交易者所下达的指令相匹配时交易就可以达成，而不需要像在批量交易系统中那样等待一段时间，然后定期成交。

连续交易系统又可进一步细分为交易商系统和撮合系统。交易商系统的最大特点是，承担做市责任的做市商可以用自己的帐户来满足投资者的需要，即做市商可以直接充当交易的对手。而在撮合系统下，交易只能在投资者之间达成，没有做市商这样的中介充当交易的对手。根据撮合系统下所采用的指令下达方式的不同，撮合系统可以进一步分为指令簿方式、牌板交易方式。需指出的是，大多数连续市场事实上并非是纯粹的撮合系统或交易商系统，而是允许投资者通过下达限价指令来与正式的做市商竞争。

2.1.2.1 交易商系统

交易商系统的典型情况是，交易商站在交易大厅的特定交易池中，通过牌板(或电子屏幕形式)报出他所处理的股票的名称及中间价(买入报价和卖出报价的中间价)。场内经纪商在得到客户指令后，可以向交易商询价并得到买卖报价，但是交易商一般不说明该买卖报价所对应的数量，同时经纪商也不用说明他是买入还是卖出。随后，经纪商将选择最优报价的交易商为其客户进行交易。只要不是大宗交易，那么交易商一般会全部按所报出的买卖报价接受

经纪商的指令。但是，如果经纪商所承担的指令是大宗指令，那么他可以要求交易商报出他在买卖报价上所愿意成交的数量。采用交易商系统的股票市场的典型案例是伦敦股票交易所和美国的场外交易市场——NASDAQ 市场。伦敦股票交易所还没有特定的开盘过程，每位交易商报出他们的买卖报价，经纪商则询价以选择最优价格，因此没有开盘时的批量交易过程。

纯粹交易商系统的特点是几乎完全没有公开限价指令。例如，在伦敦股票交易所，只有在交易商不能全部接受大宗指令时，才会产生客户的限价指令。经纪商在下达了限价后就将剩余的部分留给交易商。该交易商随后将会寻找其他愿意接受该大宗指令剩余部分的交易商，或者委托另一个经纪商为其寻找交易对手。另外，交易数量较少的客户也可向交易商下达限价指令，但由于数量较少，因而交易商不会为其尽全力寻找成交机会，因而成交的可能性不大。

在美国的场外交易市场上，交易商在 NASDAQ 系统上进行报价。一般地，交易商不会因为客户的限价指令而改变其在 NASDAQ 上的报价，除非该交易商本身就是代理该客户限价指令的经纪商。即便是如此，该经纪商（交易商）也没有权力暴露他的客户的指令。

2.1.2.2 撮合系统：指令簿方式

采用指令簿方式撮合系统的最典型交易场所是东京股票交易所的市场一部和二部。在东京股票交易所市场一部上市的 250 种交易活跃股票不是在自动交易系统中交易的，相反，通过经纪公司客户的指令被传达到场内的经纪商

处，场内经纪商将这些指令交给交易所的指令簿事务员(clerk)，后者将这些指令记录在指令簿上，等待以后成交。如果场内经纪商向指令簿事务员下达市价指令，那么该事务员会马上成交该指令，并报告给交易池内的交易所职员。

与交易商系统中的交易商不同，指令簿方式撮合系统中的指令簿事务员不是为他自己的帐户进行交易的交易商，他们是指令簿的保管者，并执行交易规则。这种纯粹的指令簿方式还存在于法兰克福市场和维也纳市场。

指令簿系统也可以与做市商系统共同存在。在美国的NYSE、AMEX和其他地方性交易所中，正式的做市商(被称作专业经纪人)保留着指令簿并且同时充当交易商。因此，他们的买卖报价可能是他们自己的，也可能是客户的公开限价指令。

在纯粹的指令簿方式下，几乎所有的指令都必须通过指令簿成交，这是因为只有正在报价的指令才被允许在不同经纪商之间成交，这种方式大大限制了交易群(crowd)内的交易。

在指令簿交易方式下，要特别注意指令簿是否向其他人公开。例如，在东京股票交易所市场一部中，指令簿是向场内的所有人员公开的，但不向场外人员公开。场外客户只能通过其经纪商了解报价，因而指令簿的信息只有交易所会员和其他大宗交易客户才能得到。而在多伦多股票交易所CATS中，指令簿是在终端上向所有人员公开的，但是，在该系统中，交易者可以隐藏其指令中超过100股的其他部分，以免将其暴露于公众，但这样做的代价是这部分指令失去优先权，自动置于同价位的最后队列中。而在法兰

克福交易所，指令簿事务员不会给场内交易员任何关于指令簿的信息，而 NYSE、AMEX 及维也纳交易所的交易商只根据交易需要提供有关指令簿的信息。

2.1.2.3　撮合系统：牌板交易方式

牌板交易方式撮合系统有点类似于电脑全自动撮合系统，在指令输入、场内信息传送和价格决定中没有交易所人员的参与。经纪商只负责向交易牌板下达客户的买入或卖出指令。每个指令都必须是交易所规定的整股数目或整股数目的整数倍。所有交易都必须在牌板上发生。一旦买入或卖出出现在牌板上，其他会员就可以接受这些指令。

牌板交易方式的特点是，投资者一般不需要揭示其指令的数量，一般假设至少是整股数目；除了在买卖两边的两个最优指令外，没有时间优先；对于大宗指令，一般取消其时间优先权，并且一般没有特定的开盘过程，开市时经纪商将其客户买卖指令传输到牌板上。该系统的运行效率较高，适合于处理较大规模的交易量。

2.1.3　指令流的不同形式：市场指令、限价指令、停损指令与停损限价指令

在金融市场上通常使用的交易指令有四种形式，即市场指令（market order）、限价指令（limit order）、停损指令（stop order）和停损限价指令（stop limit order），其中前两种指令多用于现货市场，而后两种则多用于期货、期权市场。

市价指令是指投资者在提交指令时只规定数量而不规定价格，经纪商在接到该市价指令后应以最快的速度，并尽可能以当时市场上最好的价格来执行这一指令。市价指令

的特点是能够确保成交，但是投资者最后接受的价格可能会与他们期望的价格有所差异，特别在市场变化很快时。

限价指令则与市价指令相反，投资者在提交指令时不仅规定数量，而且还规定价格。经纪商在接到该限价指令后以最快速度提交给市场，但是成交价格必须优于所指定的价格，即如果是买入指令，则买入成交价应不高于所指定的限价；如果是卖出指令，则卖出成交价应不低于所指定的限价。如果投资者所指定的限价与当时的市场价格（或者说做市商的买入卖出报价）不一致，那么经纪商只有等待，一直到限价出现才能执行指令。与市价指令相反，限价指令的特点是不能保证成交，但一旦成交则能够确保成交价格。

停损指令本质上是一种特殊的限制性的市价委托，它是指投资者在指令中约定一个触发价格，当市场价格上升或下降到该触发价格时，停损指令被激活，转化成一个市价指令；否则，该停损指令处于休眠状态，不提交到市场上等待执行。

停损限价指令是将停损指令与限价指令结合起来的一种指令，投资者所下达的指令中有两个指定价格——触发价格和限价。当市场价格上升或下降到该触发价格时，停损限价指令被激活，转化成一个限价指令，此时，成交价格必须优于限价。

停损指令（从某种意义上说就是停损市价指令）和停损限价指令是市价指令和限价指令的两种变异方式。在金融市场微观结构中，关于它们对金融资产价格行为的影响的研究还不是很深入，因此，对这两种指令方式还有待进一步

考察。

2.2 交易机制的比较分析

2.2.1 定期交易系统与连续交易系统的比较分析

用定期交易系统处理部分或全部交易的交易所认为，定期交易系统具有如下几个优点：首先，批量指令提供了价格的稳定性，这一点对于那些交易不活跃的股票尤为重要，因为许多使用定期交易系统的交易所也往往只是把它作为交易不活跃股票以及确定交易不活跃股票开盘价的方法。其次，在定期交易系统中，指令执行和结算的成本是相当低的。第三，由于每天只有一个结算价格（在一天分成若干盘的情况下，也只有若干个结算价格），因此在结算中出错的可能性就大为减少。

相反，连续交易系统的优点在于以下几个方面：首先，连续交易系统提供了即时性(immediacy)，客户不用等待一整天直到集合竞价才成交，而是可以直接买入或卖出股票。其次，同现有的定期交易系统相比，连续交易系统在交易过程中可以提供好得多的市场价格信息。一般而言，客户很难在交易发生前估计出可能的批量交易价格，而在交易发生后，批量成交价格信息已经没有用了。而在连续交易系统中，客户可以比较容易地从现有价格、过去的价格序列、价格—成交量配合中推测出信息，并在下一次下达指令时利用这些信息。第三，定期交易系统所提供的价格稳定性是脆弱的，特别是在市场不是“透明的”，并且指令修改不是

很容易时。也就是说，如果不能提供具有稳定价格作用的投机性指令来减少由于买卖不平衡引起的极端价格波动，那么定期交易系统也可能有比较大的波动性。

一般而言，定期和连续交易系统都为交易商提供了在市场上的优先地位，并使得中等规模的大宗交易对市场产生的冲击最小。但是这两者在实现这些目标时的机制是不同的。

在连续交易系统中，实时的价格信息传递可以使价格更稳定，从而减少大宗交易对市场的冲击。此外，由于在场内可以观察到成交价格，因此专业经纪人可以得到市场感觉并抢在别人之前作出反应，而大宗交易者可以看到该大宗交易指令对市场的影响有多大，持续时间有多长。

建立本公司内的限价指令簿以及撮合系统，并充当交易商的动力。因此各国往往立法禁止这种行为的发生。例如，在伦敦股票市场上，长久以来一直实行“单一能力法则”，经纪商不允许在公司内对冲指令，充当交易商。

2.2.3 撮合系统中指令簿方式与牌板交易方式的比较分析

建立并维护指令簿交易方式的成本是最昂贵的，并且如果指令簿是由交易所官员以外的人控制的(如 NYSE)，那么还需要很强的监管职能。但是，指令簿交易方式可以处理众多股票的巨量交易，并且向所有投资者，包括不在交易场内的投资者公开。

牌板交易方式的运行成本是比较低，并可处理比较大量的交易。该方式向场内交易商和大宗交易者提供了过多的优势。但是由于在系统中存在限价指令，因此在牌板交易方式中，原则上不需要公开限价指令簿。否则，牌板交易方式就变成仅仅是用牌板来揭示指令簿的指令簿交易方式。

2.2.4 报价驱动系统与指令驱动系统的比较分析

实际上，报价驱动系统(quote-driven system)与指令驱动系统(order-driven system)只不过是对各国证券市场交易机制的一种不同的区分方法。在报价驱动系统中，投资者在提交指令前可以从做市商(一般假设做市商是相互竞争的)那里获得确定的报价。因为投资者不需要等待指令的执行，而是马上就与做市商成交，因此，这种交易机制也

被称作连续交易商市场(continuous dealer market)。目前,在美国的 NASDAQ 市场以及伦敦国际股票交易所中就运行着这种报价驱动系统。相反,在指令驱动系统中不存在交易商,投资者提交指令并等待在拍卖过程中执行指令。在投资者提交指令时,价格还没有决定。指令驱动系统可以是连续系统,也可以是定期系统。连续的指令驱动系统被称作连续拍卖,投资者提交指令并等待马上由交易所场内的经纪商执行,或者指令本身是针对公开投资者或自营商已提交的限价指令而提交的。由于指令是在到达后就执行的,因此该系统是连续的,但是价格是在拍卖中形成的,即价格是由多边竞价决定的。定期的指令驱动系统被称作定期拍卖,投资者提交的指令被收集起来,等待定期以单一的市场出清价格成交。所有的指令都在预先指定的时间内同时成交。

但是这种划分并不是绝对的,因为大多数市场往往执行着不止一种交易机制。例如,在 NYSE,该市场是以集合竞价方式开盘的,随后马上转换到连续交易商市场。一般而言,对一些成交量大的股票,其交易机制往往是连续的双向拍卖系统(continuous double auction)。而上海证券交易所是以集合竞价方式开盘,但在开盘以后就转换到连续的拍卖市场,即连续的指令驱动系统,也就是说,在上海证券交易所的现有交易机制中是不存在做市商的。

但是,就像前面所指出的,对交易机制的区分标准并不是什么市场采用了什么样的交易系统,而是这种交易机制在价格发现过程中有什么不同的特点,也就是交易机制和价格行为之间的关系。

报价驱动系统和指令驱动系统在许多方面有所不同，但最重要的区别在于这两者中指令提交的顺序以及交易者所能获得的市场信息的不同。Ananth Madhavan[1992]的研究表明，报价驱动系统所提供的价格有效性要比连续拍卖系统大得多。但在允许有做市商的情况下，即在交易商系统中，价格有效性与报价驱动系统没有差异。Ananth Madhavan 还证明，在连续市场可能失败的地方，定期交易系统仍可能成立，这是因为将指令集中起来同时交易可以克服信息不对称的问题，该问题在交易序贯发生的连续交易系统中可能导致市场失败。但是，定期系统不能使指令马上得到执行，市场失去连续性，并且交易者不能观察到报价，因而不得不收集市场信息，从而为此付出较大的成本。

Madhavan 证明，一旦连续市场失败，那么除非信息不对称的程度已经下降，否则，该市场不可能重新开市。因此，在市场供求严重失衡时暂停交易的措施实际上反而会激化原来的问题，并可能导致市场失败。他建议，与其暂停交易，还不如将交易机制转换到拍卖市场，因为该系统可以在做市商拒绝继续承担其做市责任时运行。这样一种转换会使投资者观察到公开的信息信号(即拍卖价格)，从而有可能使连续交易在不久以后重新开始。我们可以发现，成交量大的股票一般是在连续市场上交易的，而成交量小、交易不活跃的股票一般是在定期拍卖市场上交易的。这是因为，信息不对称是同市场价值、交易活跃程度成相反关系的。市场价值越小，交易越不活跃；信息的不对称程度越大，在这种情况下，交易往往是在定期拍卖市场上进行的。

3 信 息

在传统的对金融市场的研究中，我们往往把金融资产价格作为一个宏观现象加以考察。但是，从德姆塞茨开始，对金融资产价格的考察发生了变化，转而关注于金融市场内在的微观基础，关注于金融资产买卖报价的价差关系。从微观角度来考察金融资产价格意味着可以将金融资产价格行为描述成经济主体最优化行为的结果。这种转变有两个重要的经济含义。首先，由于价格是由特定的经济主体和交易机制决定的，因而考察价格的形成也就是考察经济主体或交易机制的行为。因此，常见的瓦尔拉斯均衡中的均衡产生问题就可以解决了。其次，这种分析方法可以使我们将市场行为看作是个人交易行为的加总，因此，在给定单个交易者内在决策问题的情况下，我们可以预测金融资产价格将如何变化。在金融市场微观结构理论发展的过程中，形成了考察市场价格行为的两种不同思路。

3.1 金融交易中的信息问题——完全信息交易和不完全信息交易

在德姆塞茨的经典论文之后，关于买卖报价价差有两种不同的思路。

第一种思路主要考察买卖报价价差和做市商存货成本之间的关系，即一般我们所称的存货模型分析方法。在存货模型中，所有的交易者都根据自己的最优化条件以及做市商的报价来决定买卖行为，而做市商在避免破产（股票和现金的存货头寸减少至零）的前提下，以最大化单位时间的预期收益为目标来设定买卖报价。因此，所有的交易者和做市商都不是知情交易者，他们所拥有的信息都是相同的；导致价差的原因也不是由信息不对称所引起的信息成本，而是包括存货成本在内的交易成本。

存货模型的基本思路是这样的：作为市场中介的做市商在做市时将面临交易者提交的大量买入和卖出指令，由于这些指令是随机的，因此，在买入和卖出指令之间会产生不平衡。为避免破产，做市商必须保持一定的股票和现金头寸，以平衡这种买入和卖出指令之间的不平衡。股票和现金头寸的持有会给做市商带来一定的存货成本，为弥补这些成本，做市商设定了买卖价差。因此，导致买卖报价价差产生的原因是存在拥有股票和现金的存货而产生的存货成本，更进一步说，是买卖指令之间存在的不平衡性。在对买入和卖出的指令流的性质作了某些假设后，我们可以根据做市商的最优化条件来计算其最优买卖报价。

此后，Stoll 等人进一步拓展了存货成本的概念，不仅股票和现金的存货头寸会导致做市商做市成本的增加，而且指令处理成本，甚至由信息不对称产生的成本（与知情交易者交易时所发生的损失）等都将导致做市商做市成本的增加，从而使得做市商必须通过设定买卖价差来弥补这些成本。

第二种思路即所谓信息模型分析方法，该方法最早是 Bagehot 在 1971 年发表的一篇文章中提出的。这种分析方法认为做市商在做市时面临两种不同类型的交易者，一类是拥有特殊信息的知情交易者，一类是未知情交易者。未知情交易者出于流动性需要（如即时的消费需求）而不是信息优势进行交易，因而是流动性交易者（liquidity trader）。知情交易者拥有关于资产真实价格的未公开信息，并且拥有是否与做市商进行交易的选择权，因而在与做市商的交易中只会获利而不会损失。因此，做市商只有用来自未知情交易的盈利来冲销这些损失，才能保证不至于破产，而这些盈利的来源就是做市商设定的买卖报价价差。因此，导致买卖报价价差产生的原因是信息不对称所产生的信息成本。

做市商的具体目标是，设定买卖报价价差使得其预期收益最大化。如果做市商的买卖报价价差设得过大，那么虽然由知情交易导致的潜在损失会减少，但是他从未知情交易者处得到的盈利也会减少；相反，如果做市商的买卖报价价差设得过小，那么他从未知情交易者得到的盈利会增加，但由知情交易者导致的潜在损失也会增加。因此，权衡来自未知情交易的盈利和来自知情交易的损失可以决定最

优买卖报价价差。

3.2 完全信息交易——存货模型概述

存货模型所研究的问题是，在给定指令流性质和市场出清方式后，市场价格是如何产生的，其中心内容是考察指令流的不确定性对市场价格的影响。存货模型有许多种，并且分析方法也大相径庭。总体上，我们可以将存货模型分成三大类。第一类以 Garman 为代表，着重分析指令流的性质在证券交易价格决定中的作用。第二类以 Ho、Stoll 等人为代表，着重分析做市商的最优化问题，包括单时期做市商最优化模型和多时期做市商最优化模型两类。第三类以 Cohen、Maier、Schwartz、Whitcomb（CMSW）和 Ho-Stoll 为代表，着重分析多个流动性提供者对价格决定的影响，也就是竞争性市场上存货成本对价格的决定作用。所有分析方法的核心是指令流的不确定性问题，它导致了做市商的存货问题，也导致了交易者的指令执行问题。

存货模型的核心是分析做市商如何处理价格和存货的不确定性，即在不同的市场环境（特别是不同性质的指令流）下做市商如何设定买卖报价。一般地，存货模型中的做市商被假设成是风险中性的，并且在最简单的模型中，只有唯一的做市商。放宽这两个假设，我们可以得到经过扩展以后的存货模型。

3.2.1 指令到达方式与做市商定价行为

3.2.1.1 Garman 模型

M.B. Garman[1976]首先考察了市场指令到达方式与做市商定价行为之间的关系。[1] Garman 认为，交易所市场的最显著特征体现在其买入或卖出的指令流的特性。每个交易主体都根据自身的最优化问题来决定其指令流，因此，这些买入或卖出的指令流在到达市场时，在量上会产生不均衡。Garman 假设，全部市场主体可以被看作是统计集合，他们的市场行为是依据泊松过程(Poisson process)产生的随机市价指令流，他的研究就是提出了一个模型来描述资产市场上这种“时间上的微观结构”(temporal microstructure)。具体地，Garman 区分了两种市场出清的框架，即做市商结构和双向拍卖结构，前者是“连续市场”所采用的结构，后者是“集合竞价市场”所采用的结构。Garman 认为，“随着交易所交易量的增加，从前一种交易方式转换到后一种交易方式的倾向是十分明显的”。很显然，在双向拍卖市场上，不存在所谓的“买卖价差”等概念，因而也无法考察做市商的定价行为。事实上，Garman 利用了双向拍卖结构来分析特定性质指令流情况下的市场出清方式。这种分析方法将市场出清过程视作纯粹的指令匹配过程，完全舍去了市场特征，因而不利于研究具体的市场环境。我们这里着重考察 Garman 对“连续市场”上做市商的定价行为的分

---

[1] Mark B. Garman, 1976, Market Microstructure, *Journal of Financial Economics*, 3:257-275.

析。

在做市商模型中，Garman 假设只有一个垄断的做市商，该做市商设立买卖报价，接收所有指令并出清交易。该做市商的目标是，在避免破产的前提下尽可能使单位时间的期望收益最大化。所谓破产，是指做市商用完其所有的存货或现金。对做市商而言，唯一的决策是设定买入报价 P_b 和卖出报价 P_a，并且做市商只能在交易开始时一次性地设定买卖报价。为简便起见，模型中所有指令都被假设成只能交易一个单位的股票。

在该模型中，唯一的不确定性在于买入卖出指令的到达的不确定性。这些指令可用独立的随机过程来表示：假设买卖指令的到达可以用泊松过程表示，并且是具有稳定到达速率的函数 $\lambda_a(P_a)$ 和 $\lambda_b(P_b)$。显然，交易者下达的买卖指令取决于做市商的买卖报价 P_a 和 P_b。买卖指令服从泊松过程意味着买卖指令到达的时间间隔是指数分布的，更确切地说，令 t 为上一买入指令的时间，则在时间间隔 $[t, t+\Delta t]$ 内到达一个买入指令的概率接近 $\lambda_a \Delta t$。

由于买入和卖出指令服从独立随机过程，因此做市商收到的买入和卖出指令流不是同步的，这种潜在的不平衡性是做市商定价问题的关键。由于指令的到达过程是固定，但不是相同的，因而，对做市商来说，至关重要的是如何平衡存货和现金的水平以避免破产。

Garman 假设，做市商不能借入股票和现金，即在任何时点做市商的股票和现金头寸完全由指令的到达速率决定，除了指令到达速率外，所有的参数都是外生于做市商设定的买卖报价的。

假设在0时期,做市商持有 $I_c(0)$ 单位的现金及 $I_s(0)$ 单位的股票。令 $I_c(t)$ 和 $I_s(t)$ 分别是 t 时期现金和股票的数目。令 $N_a(t)$ 是至 t 时期为止已卖给交易者的股票总数(即已成交的买入指令总数),而 $N_b(t)$ 是至 t 时期为止从交易者处买入的股票总数(即已成交的卖出指令总数),则现金和股票的存货头寸可由下式表述:

$$I_c(t) = I_c(0) + P_a N_a(t) - P_b N_b(t)$$

和 (3-1)

$$I_s(t) = I_s(0) + N_b(t) - N_a(t)$$

Garman 认为,我们可以通过分析做市商如何随时间变化而改变其持有的股票和现金头寸来分析做市商的定价行为。设 $Q_k(t)$ 为 $I_c(t) = k$ 的概率,即做市商在 t 时期恰有 k 单位现金的概率,$R_k(t)$ 为 $I_s(t) = k$ 的概率,做市商在 t 时期恰有 k 单位股票的概率。我们知道,只有以下三种情况可以使做市商在 t 时期有 k 单位股票:

(1)在 $t - \Delta t$ 时期有 $k - 1$ 个单位,并在随后收到卖出1单位股票的指令;

(2)在 $t - \Delta t$ 时期有 $k + 1$ 个单位,并在随后收到买入1单位股票的指令;

(3)在 $t - \Delta t$ 时期有 k 个单位,并在随后没有收到买入或卖出的指令。

之所以这样假设,是因为如果指令流是一个泊松过程,那么,在 $\Delta t \to 0$ 时,在 Δt 时间间隔内发生大于1的指令流,即发生跳跃的概率也趋向于零。因此,由前面的指令流到达是泊松过程的假设出发,我们得到上面三种情况的对应概率分别为:

(1)$R_{k-1}(t-\Delta t)[\lambda_b(P_b)\Delta t][1-\lambda_a(P_a)\Delta t]$

(2)$R_{k+1}(t-\Delta t)[\lambda_a(P_a)\Delta t][1-\lambda_b(P_b)\Delta t]$

(3)$R_k(t-\Delta t)[1-\lambda_b(P_b)\Delta t][1-\lambda_a(P_a)\Delta t]$

所以，在 t 时期有 k 单位股票的概率 $R_k(t)$ 为上面三种概率之和。取 $R_k(t)$ 对时间 t 的偏导，即 $[R_k(t)-R_k(t-\Delta t)]/\Delta t$，有：

$$\frac{\partial R_k(t)}{\partial t}=R_{k-1}(t)[\lambda_b(P_b)]+R_{k-1}(t)[\lambda_a(P_a)]-R_k(t)[\lambda_a(P_a)+\lambda_b(P_b)] \quad (3\text{-}2)$$

该微分方程的初始条件为 $R_k(0)=1$，当 $k=I_s(0)$ 时；否则，$R_k(0)=0$。

相应地，我们可以写出做市商现金头寸的微分方程：

$$\frac{\partial Q_k(t)}{\partial t}=Q_{k-1}(t)[P_a\lambda_a(P_a)]+Q_{k+1}(t)[P_b\lambda_b(P_b)]-Q_k(t)[P_a\lambda_a(P_a)+P_b\lambda_b(P_b)] \quad (3\text{-}3)$$

该微分方程的初始条件为 $Q_k(0)=1$，当 $k=I_c(0)$ 时；否则，$Q_k(0)=0$。

(3-2)、(3-3)式两个微分方程表明做市商股票头寸和现金头寸的动态情况。据此我们可以分析他的破产问题及定价问题。

(1)破产问题

对做市商而言，没有正的停止点或门限水平(threshold)，这是因为对做市商而言，最大的收益可以是无限的。只有在做市商损失掉所有现金和股票时，他才会破产。因此，给定盈利的机会超过损失的机会，在这种不存在界限的情况下，做市商破产的概率可以表述为：

$$\left(\frac{\text{损失的机会}\times\text{损失金额}}{\text{盈利的机会}\times\text{盈利金额}}\right)^{\text{初始财富数量}} \tag{3-4}$$

很明显，在损失金额和盈利金额相等的情况下，如果损失的机会超过盈利的机会，那么做市商破产的概率就为 1；否则，做市商破产的概率就为正。但是破产的概率到底是多少则取决于具体数目的比较。做市商的初始财富越多，损失的机会相对盈利的机会越小，则做市商破产的可能性越小。我们举例说明这种情况。假设某做市商获得一单位股票的概率为 p（即从他人处购买股票），而失去一单位股票（他人向其购买股票）的概率为 q，且 $p>q$；开始时做市商有 S_0 单位的股票。用 $Pr\{F|S\}$ 表示做市商现在有 S 单位股票、但在 t 时期破产的概率。那么，在经过一次交易后，剩余 $S-1$ 单位的概率为 q，剩余 $S+1$ 的概率为 p，这意味着：

$$Pr\{F|S\} = qPr\{F|S-1\} + pPr\{F|S+1\} \tag{3-5}$$

这是一个差分方程，它的解说明，预期的破产概率为：

$$Pr\{F|S_0\} = \left(\frac{q}{p}\right)^{S_0} \tag{3-6}$$

在连续时间状态下，Garman 证明，求解(3-3)式，可得因缺少资金而破产的近似概率为：

$$\begin{aligned} \lim_{t\to\infty} R_0(t) &\approx \left(\frac{\lambda_a(P_a)}{\lambda_b(P_b)}\right)^{I_c(0)} && \text{当 } \lambda_b(P_b) > \lambda_a(P_a) \\ &= 1 && \text{其他} \end{aligned} \tag{3-7}$$

相应地，求解(3-4)式，可得因缺少股票而破产的近似概率为：

$$\begin{aligned} \lim_{t\to\infty} Q_0(t) &\approx \left(\frac{P_b\lambda_b(P_b)}{P_a\lambda_a(P_a)}\right)^{I_c(0)/\bar{p}} && \text{当 } P_a\lambda_a(P_a) > P_b\lambda_b(P_b) \\ &= 1 && \text{其他} \end{aligned} \tag{3-8}$$

这里 $\bar{p}$ 是平均价格，即买入卖出报价的均值。

由于 $\lambda_a(P_a)$就是卖出股票的概率，$\lambda_b(P_b)$就是买入股票的概率，而 $I_s(0)$就是初始股票持有，因此(3-7)式实际上是(3-6)式的翻版。但是，求解因缺少资金而破产的概率就不是那么简单。Garman 用 $\bar{p}$ 表示买入报价和卖出报价之间的均价，以此来使 $I_c(0)$标准化。

显然，做市商破产的概率永远是正的，从而破产的可能性也是永远存在的。也就是说，不管做市商买入卖出报价是在何处，都没有办法保证他不破产。因此，做市商最为关心的是如何避免必定破产的结果。(3-7)和(3-8)式表明，做市商必须设定 P_a 和 P_b，使之同时满足：

$$P_a\lambda_a(P_a) > P_b\lambda_b(P_b)$$

和 (3-9)

$$\lambda_b(P_b) > \lambda_a(P_a)$$

(3-9)式说明，该做市商一定会设定比较低的买入价格、比较高的卖出价格。这也说明，买卖报价价差是交易所微观结构的内在性质决定的。尽管仍存在正的破产的概率，但买卖报价价差使做市商免遭必定破产之危险。

(2)定价问题

接下去的问题是，决定价差大小的因素是什么？由(3-7)、(3-8)式可知，由于存在正的破产的概率，因此做市商会不断增加其现金和股票头寸。为简化该问题，Garman 假设做市商将其存货和现金头寸保持不变。在该假设下，做市商的定价策略就有一些良好的性质。首先，做市商将依据指令到达速率来设定价格，即使得买入和卖出的指令流的速度相等，即 $\lambda_b(P_b) = \lambda_a(P_a)$。但是，符合该条件的

定价策略不止一个。例如，在图 3-1 中，所有 λ_0 左边的指令到达速率都满足这一条件。因此，做市商设定价格的另一个依据是使其预期收益最大化。图 3-1 表示了市场出清价格。值得注意的是，做市商不是设定单一市场出清价格 P^*，而是设定不同的买入价格 P_b 和卖出价格 P_a。P_b 和 P_a 的报价使得做市商在维持存货不变的情况下取得最大化利润，但是所导致的成交量小于竞争性价格情况下可能的成交量。图 3-1 中的阴影部分表示了做市商的预期单位时间收益。在 λ^* 处，做市商的预期收益达到最大。

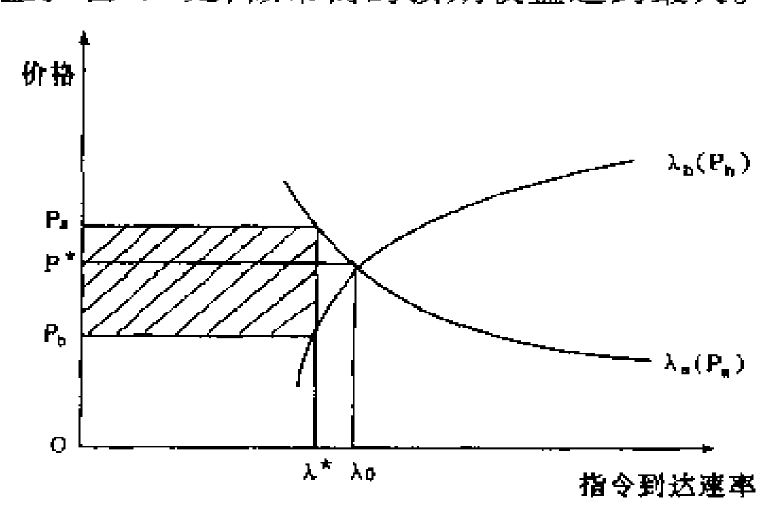


图 3-1　做市商的最优买卖报价

从表面上看，Garman 的分析与 Demsetz 的分析没有多大区别。但事实并非如此。Demsetz 模型没有考虑做市商问题的时际性，甚至根本没有提出做市商这一概念。

3.2.1.2　Garman 模型的评价

Garman 模型用做市商所面临的存货头寸和现金头寸的不确定性问题来解释做市商的做市行为及其对市场存续性的影响，有深远的指导意义。

Garman 模型的分析中有几点特别值得引起注意。首

先，Garman 建立了一个模型，来证明在交易者的数目比较大时，他们的指令流可以被看作是一个 Poisson 过程。因此，可以将交易者的买卖指令看作是服从特定随机过程的指令流，在此假设基础上，他可以考察随机指令流对价格的影响，考察整个市场的出清方式，而不仅仅是考察单个交易者的交易愿望。考察所有交易者的加总指令流而不是单个交易者的交易愿望，是 Garman 模型的一大特点，它大大简化了模型。以后的存货模型，甚至信息模型都假设了交易者的指令流的性质，而不涉及单个交易者的交易愿望。其次，如果决定买卖指令流的随机过程受到市场价格的影响，那么，市场价格不仅是买卖指令流的结果，而且也会影响买卖指令流的到达。但是，即使是相同性质的买卖指令流，在

马尔科夫过程，存货是其中的状态变量。做市商的决策变量，即买入和卖出报价，取决于状态变量的水平，并根据做市商存货头寸的多少而变化。他们的分析的一个重要假设是，存货被某些外生参数限制在一定的范围内，因此，不存在做市商"花光"存货的可能性，因而也不存在Garman所分析的破产的可能性。由于做市商不必担心破产，因此他的定价策略就大大简化了。Amihud和Mendelson更进一步分析了做市商的存货和报价之间的关系。他们的模型有三个重要的结论：首先，做市商的最优买入和卖出报价是其存货头寸的单调递减函数，即随着做市商存货头寸的增加，他的买入或卖出报价也会下降；反之，在存货减少时，报价会上升。Amihud和Mendelson第一次严格地证明了存货头寸和买卖报价之间的这种关系。其次，做市商往往偏爱某一存货头寸，一旦做市商发现其存货头寸偏离预先设定的头寸，他会改变价格以使其头寸恢复到该偏爱的头寸。第三，最优买入和卖出报价之间会出现正的价差。

Garman的分析和Amihud-Mendelson的分析都涉及了指令的不确定性对做市商定价的影响。Garman认为，价差的产生，部分是出于减少破产概率的需要。而在Amihud-Mendelson分析中，价差反映了做市商最大化预期收益的目标，由于做市商被假设是风险中性的垄断者，因此价差反映了做市商的"市场权力"。但是，在Amihud-Mendelson模型中，如果做市商面临竞争，则价差将会降低至零。因此，除了充当交易成本外，本质上价差对市场的存续性没有什么大的影响。

类似地，做市商偏爱的存货头寸是由于指令到达过程

的性质而产生的。由于存货只是充当缓冲的作用，因此，决定最优存货头寸的是该指令到达随机过程的变动性，而不是资产的真实价值。因此，不管股票的价格如何发生变化，做市商仍将持有相同的偏爱头寸。但是，认为存货头寸只取决于指令流到达速率显然是有失偏颇了。

因此，为了更进一步分析做市商的报价设定问题，必须重点分析做市商的决策问题。

3.2.2 做市商的决策问题（做市商的最优化问题）

分析做市商的决策问题（最优化问题）是为了考察交易成本（包括存货成本）对证券价格行为的影响。由于市场买卖报价是由做市商设定的，因此可以将做市商的决策问题，即报价设定问题，看作是选择最优定价策略以使效用最大化的过程，因而证券价格是做市商的最优化行为的结果。

具体地，依据做市商的决策问题中所考虑的时期数的不同，我们可以将做市商决策问题分为单时期模型和多时期模型，前者以 Stoll 为代表，后者以 Ho-Stoll 为代表。

3.2.2.1 单时期做市商最优化模型

Stoll[1978]分析了证券市场上做市商服务的供给问题。他认为，做市商的确是在为市场提供便利，因为在交易者不能找到完全匹配的相反指令时，是做市商愿意在自己的帐户上交易以使交易者的交易迅速达成。但是，做市商只不过是一个市场参与者，并且是风险厌恶的，因此，虽然他愿意为满足其他交易者的交易愿意而改变其希望的资产组合，但他要求得到补偿，以弥补为此承担的风险。这种补偿来自于买卖报价价差，也就是说，市场价差反映了做市商

为承担风险而付出的成本。这样，做市商的决策问题也就变成了决定合适的价差来抵消提供做市服务的成本这样一个问题。而在上面讨论的 Garman 和 Amihud-Mendelson 分析中，做市商被假设成是风险中性的垄断者，并且价差很大程度上是其市场权力的反映，而不是补偿提供做市服务的成本。

Stoll 分析了做市商提供做市服务，也就是 Demsetz 所说的“即时性”所承担的成本。这些成本来源于三个方面。首先，做市商被迫持有次优资产组合时所发生的持有成本，这些成本反映了做市商的风险暴露，从而影响作为风险厌恶者的做市商的决策。其次，在交易机制中存在着指令处理的费用，如交易所费用、流转税等。第三，在与知情交易者（比做市商知道更多信息的交易者）交易时所发生的损失。这种由于信息不对称而产生的成本成为信息模型（information-based model）的根本出发点，但它并没有成为 Stoll 研究的重点。

Stoll 考虑了一个两时期问题，做市商的目标是使期望的期末财富最大化。财富是由其初始财富和以后的头寸变动决定的。做市商的决策问题是在时期 1 设定买卖资产的价格，并在时期 2 清算所有资产。做市商可以以无风险利率 R_f 融资购买存货，也可以以 R_f 借出多余资金。由于所考虑的时间很短，并且做市商的融资能力不受限制，因此做市商的破产风险为零。假设资产的真实价值保持不变，并且做市商对资产的真实价格及真实收益率有外生的（不变的）看法。

Stoll 的基本模型是这样的：假设做市商的初始财富为

W_0，它由是最优有效组合的初始头寸的价值 Q_p 以及其余的资金组成。令 Q_i 为在股票 i 上成交的价值，即股票的真实价格乘以股票数量。由于做市商知道股票的真实价值，因此 Q_i 是确定的。在进行一次交易以后，做市商的财富由(3-10)式给出

$$\widetilde{W} = W_0(1+\widetilde{R}^*) + (1+\widetilde{R}_i)Q_i - (1+R_f)(Q_i - C_i) \quad (3\text{-}10)$$

式中 $\widetilde{R}^*$ 是初始资产组合的收益率，$\widetilde{R}_i$ 是股票 i 的收益。若 $Q_i<0$，则表示是卖出该股票。在(3-10)式中，$(1+R_f)(Q_i - C_i)$表示存货的持有成本，其中 C_i 表示做市商交易 Q_i 金额所收到的成本，它实际上是以买卖报价与真实价值之间的差额形式表示的。无论买入还是卖出，做市商都会收到该交易成本。

依据假设，只有在进行交易至少不比不进行交易差时，做市商才会进行交易。因此，只有在预期效用不变的情况下，做市商才会进行交易，因此有：

$$E[U(W_0(1+\widetilde{R}^*)] = E[U(\widetilde{W})] \quad (3\text{-}11)$$

在假设 $\widetilde{R}_i$ 服从有漂移的维纳过程的前提下，用泰勒级数展开式展开(3-11)式，舍去高于二阶的项，并设 $R_f=0$，则有如下简单的表达式：

$$\frac{C_i}{Q_i} = c_i = \frac{Z}{W_0}\sigma_{ip}Q_p + \frac{1}{2}\frac{Z}{W_0}\sigma_i^2 Q_i \quad (3\text{-}12)$$

这里 Z 是做市商的相对风险厌恶系数，Q_p 是做市商存货的价值，σ_{ip}是股票 i 收益和最优有效组合 P 收益的协方差，σ_i^2 是股票 i 收益的方差。$c_i(Q_i) = \dfrac{C_i}{Q_i}$ 表示做市商愿意持有价值 Q_i 的股票的单位成本。该成本函数表明做市商提

供即时性的成本取决于几个因素。首先，做市商的初始财富 W_0 和风险偏好 Z 将直接决定成本。初始财富越多，风险程度越低，则成本越小。其次，做市商的存货头寸 Q_p 将影响该成本。存货头寸越高，买入成本就越高，卖出成本相应就越低；也就是说，越使做市商偏离其偏爱头寸的交易，对做市商来说成本越大。第三，所买卖股票的收益的方差 σ_i^2 以及与其他证券的协方差 σ_{ip} 也将影响成本。第四，股票 i 上的成交金额 Q_i 也会影响成本，并且持有股票的单位成本与该股票的成交金额成正比，也就是说，总的成本与该股票的成交金额的平方成正比。

做市商通过设定交易价格来补偿这些成本。如果市场是竞争性的，那么其买卖报价将刚好弥补接受交易的成本。因此买卖报价是交易成本的函数。设股票 i 的真实价格为 P_i^*，则做市商买入真实价值为 Q_i^b 的股票所对应的最优买入报价为：

$$(P_i^* - P_i^b)/P_i^* = c_i(Q_i^b) \tag{3-13}$$

类似地，有最优卖出报价为：

$$(P_i^* - P_i^a)/P_i^* = c_i(Q_i^a) \tag{3-14}$$

显然，最优买卖报价是买卖金额的函数。由(3-12)式可知，最优买卖报价也是原有存货头寸 Q_p 的函数。在买卖金额相同时，即 $|Q_i^a| = |Q_i^b| = |Q|$ 时，有：

$$(P_i^a - P_i^b)/P_i^* = c_i(Q_i^b) - c_i(Q_i^a) = \frac{Z}{W_0}\sigma_i^2 |Q| \tag{3-15}$$

也就是说，买卖报价的价差是独立于做市商的原有存货头寸 Q_p 的，并且与证券和最优有效证券组合之间的协方差 σ_{ip} 无关。

由表达式(3-13)~(3-15)可知,报价与真实价值的百分比是与交易规模,即$|Q|$成线性关系的,交易规模越大,价差越大。并且,由于价差不随着存货多少而变化,因而也不会在成交后发生变化。但是,做市商的存货头寸会影响买卖报价的设定。存货头寸越大,则做市商买入的成本会变大,因此,做市商会相同幅度地降低买卖报价。相反,存货头寸越小,则做市商买入的成本会变小,做市商也会相同幅度地提高买卖报价。换句话说,存货将只会影响买卖报价的位置,而不会影响买卖报价价差的大小。

除了做市商资产组合的暴露对交易价格的影响外,Stoll还进一步考虑了另外两种影响交易价格的成本。Stoll分析了指令处理成本对价格的影响。他假设每笔交易的指令处理成本总是相同的,因此,随着指令规模的增加,单位交易数量的指令处理成本会下降。由于资产组合成本是随着指令规模的增大而增大的,因此,做市商的单位交易数量的总成本函数就是U型的。对做市商来说,存在着最优的成本最小化规模,即偏爱的交易规模。在Stoll的文章中,他也考虑了逆选择成本的效应。他假设逆选择成本是独立于交易规模的,因此,该成本只是增加了做市商的做市成本,为弥补这一成本,他将针对每一笔交易增加他所设定的买卖价差。

Stoll模型比较简单,因而其适用性就比较大。例如,如果假设做市商是风险中性的或能有效地分散风险,那么提供做市商服务的成本会急剧下降,甚至为零(即只剩下指令处理成本)。它隐含着做市商会采取多种措施,如相互合作,来分散风险。

另外，Stoll 模型也可以部分地解释不同市场间价差的差异，即由于不同市场上做市商的风险承受能力不同，因而价差也不相同。

Stoll 模型的一个明显不足之处在于，它是一个单时期模型，做市商被假设只在时期 1 进行一次交易，并在时期 2 被清算。因此，对做市商而言，他持有存货头寸的时间的长短是确定的。而在现实市场上，由于指令流是随机的，因此做市商的存货头寸将在什么时候被清算是不确定的。此外，关于股票真实价格和资产组合收益的外生性的假设又进一步限制了做市商的风险，这样的假设使他的收益已不是随机变量。

3.2.2.2　多时期做市商最优化模型

针对 Stoll 分析中没有涉及跨时期情况下存货作用的缺陷，Ho-Stoll[1981]和 O'Hara-Oldfield[1986]考虑了存货的时际作用。

Ho-Stoll 将 Stoll 的分析从单时期扩展到多时期，并假设指令流和资产组合的收益率都是随机的。买入指令和卖出指令是随机的，其到达速率取决于做市商的定价策略。但是 Ho-Stoll 假设，做市商是垄断的，其目标是最优化期望的期末财富，并且做市商对风险的态度也将影响其他定价。他们用有限时期（T 时期）的动态规划分析方法来描述做市商的最优定价策略，也就是说，在给定的做市商的现金、存货头寸和初始财富的情况下，做市商如何设定买卖报价。

Ho-Stoll 证明，在有限时期的交易框架下，做市商的最优定价策略有三种重要的性质。第一，做市商设定的买卖报价价差取决于交易的时期。在接近交易的结束时，由于

做市商承担存货风险或资产组合风险的时间所剩不多了，因此，作为做市商所承担的风险也就下降了。在到期时这种极端情况下，做市商设定的价差将等于风险中性的做市商出于市场权力而设定的垄断价差。相反，随着交易时期的延长，做市商设定的买卖报价价差也会相应地增加，以补偿做市商承担的存货风险或资产组合风险。换句话说，Ho-Stoll 证明，买卖报价价差可以被分解成风险中性价差和针对不确定性(风险)的调整两部分之和，这一结论是 Ho-Stoll 的多时期模型的一大特点。

第二，Ho-Stoll 证明，价差中针对风险的调整部分取决于做市商的相对风险厌恶系数、交易规模的大小以及股票的风险程度(用其瞬时方差表示)。这一结论类似于 Stoll 在其单时期模型中所得到的结论。但是，Ho-Stoll 发现，交易的不确定性本质上并不影响价差。尽管在不同的交易时期，交易的不确定性对做市商所承担的存货风险或资产组合风险有不同影响，但是，价差中针对风险的调整部分并不依赖于指令到达过程的变动性，这是因为，交易的变动性不是对做市商有直接影响，而是通过它对做市商整体资产组合头寸的影响间接地产生影响。

第三，做市商设定的买卖报价差独立于存货水平。这一个性质在 Stoll 的单时期模型中也存在，它意味着价差不受做市商存货头寸的影响，也不受存货的预期变化的影响。尽管做市商设定的买卖报价受到存货水平的影响，但是，做市商是通过移动价差相对于资产真实价值的位置来影响指令的到达过程，而不是通过增加或减少价差本身。存货水平对买卖报价的影响程度取决于做市商的相对风险厌恶程

度、股票的风险程度及其初始财富。

同所有的存货模型一样，Ho-Stoll 的多时期做市商最优化模型是建立在一系列严格假设基础上的。而这一系列假设正是存货模型的共同特点。例如，Ho-Stoll 假设资产的真实价格是固定的，做市商只要决定不同时期的买卖报价；指令的到达过程服从特定的随机过程，在这里 Ho-Stoll 假设指令的到达是一个稳定的连续时间跳跃过程；交易时期是有限的，在交易结束时，做市商的资产被清算等等。

O'Hara 和 Oldfield[1986]的分析也是一个多时期模型，但是，与 Ho-Stoll 模型相比有两个重要的区别。首先，O'Hara 和 Oldfield 假设交易者不仅可以提交市价指令，还可以提交视价格而定(Drice-Contingent)的限价指令，从而分析了同时收到市价指令和限价指令的风险厌恶的做市商的动态定价策略。其次，O'Hara 和 Oldfield 模型是一个离散时间的多时期模型，而不是 Ho-Stoll 那样的连续时间框架。他们假设，一个交易日被划分成 N 个交易区间，并且做市商的目标是最大化无穷多个交易日的效用。这样，做市商的动态定价策略实际上就是在无穷的时间上考察做市商的定价行为。也因为此，模型没有假设资产会在期末被清算，资产的价值也可以变动。

根据该分析框架，做市商所收到的指令包括已知的限价指令和未知的市价指令。做市商在每个交易日开始时设定买卖报价，随后在该交易日的每个交易时期都有市价指令到达，在每个交易时期后做市商设定新的买卖报价。显然，O'Hara-Oldfield 的模型更接近于有组织的交易所的交易结构。

O'Hara-Oldfield证明，做市商的买卖报价价差可以分解为针对已知的限制指令的部分、针对预期的市价指令的风险中性的调整部分以及针对市价指令和存货价值不确定性的风险调整部分三部分。O'Hara-Oldfield证明，风险厌恶的做市商设定的买卖报价价差会小于风险中性的做市商设定的价差。

关于存货对做市商定价策略的影响，O'Hara-Oldfield证明，存货对做市商定价策略的影响是普遍性的，即不仅影响做市商设定的买卖报价价差的大小，同时也影响价差的位置，即具体的买卖报价。

3.2.3 竞争性市场上存货与价格的关系

所谓竞争性市场，是指在向市场提供流动性方面存在着竞争。在上面提及的存货模型中，做市商被假设成为唯一的流动性提供者，但是，事实上，市场上可能存在着不止一个的流动性提供者。这种竞争性的流动提供主要包括两种情况：其一，市场上可能存在不止一个做市商，从而允许交易者选择做市商的报价。其二，即使市场上存在唯一的做市商，但通过其他交易机制也可以向市场提供流动性。例如，不同形式的指令流可以向市场提供流动性。

3.2.3.1 CMSW关于限价指令与价差关系的分析

Cohen、Maier、Schwartz和Whitcomb（以下称CMSW）[1981]考虑了交易者可以提交限价指令，从而由限价指令来提供足够即时性的情况。

CMSW模型假设交易者可以选择提交市价指令立即执行或提交限价指令并等待在指定的价格上执行。同时，

市场上不存在主动的做市商，不同交易者之间成交价格的变化导致了市场价格的变化。CMSW 认为，外生的交易成本会影响交易者的最优交易策略从而影响资产的交易价格。

CMSW 模型的交易框架比较复杂，这里我们只考虑其结论以及这些结论对市场价格和价差的指导意义。首先，CMSW 认为，根据他们的交易框架，决定市场价差的是限价指令而不是市价指令。如果价差很大，那么交易者会更愿意提交限价指令，因为一旦成交，成交价格会很有利，收益就会很大。因此，交易者就宁愿提交限价指令并等待而不是指交市场指令，市场价差就可能由新提交的限制指令决定。相反，在市场价差很小时，由前面所提到的“引力拉动”(gravitational pull)效应，交易者往往宁愿提交市价指令立即成交而不是提交不一定能确保成交的限价指令，这样，市价指令会超过现有限价指令，从而使得价差变大。因此，CMSW 认为，非零价差是市场的均衡性质。这是因为在存在交易成本的前提下，一部分交易者会因为要求确保执行而提交市价指令，从而使得价差不能为零。其次，价差的大小取决于交易者在市价指令和限价指令中的选择，而这又取决于限价指令执行的概率。在不存在交易成本的情况下，价格过程将是连续的，从而能保证所有限价指令得到执行，因而所有的指令都是限价指令。但是，在存在交易成本情况下，限价指令得到执行的概率会随着交易频率的下降而下降。在交易不活跃的市场上，限价指令得到执行的机会很少，因而即使是在价差很大的情况下，交易者也愿意提交市价指令，因此，不活跃市场的价差必然较大。

通过对交易成本作用的分析,CMSW 认为,价差是交易成本的必然后果。如果不存在交易成本,则买卖报价价差也不会存在。不仅如此,决定价差大小的是提供流动性所获得盈利的大小。在价差增大时,交易者会更愿意提交限价指令从而增加市场流动性;相反,在价差变小时,提交限价指令的收益会变小,这使得交易者更愿意提交市价指令,向市场要求流动性。这样,交易成本和收益的权衡将决定交易者的行为,从而决定市场价差的大小。做市商的决策问题反映了做市商运用他所设定的买卖报价最小化来自存货和资产组合风险的努力,从而使得价格直接同做市商的存货头寸联系起来。这种联系的程度在不同的模型中是各不相同的,但共同的一点是,存货头寸增加了做市商的成本,从而使得做市商设定价差大于零的买卖报价。

3.2.3.2 Ho-Stoll 关于做市商之间竞争与价差关系的分析

Ho-Stoll[1983]正式考虑了做市商之间的相互竞争会对价格设定有什么影响。

Ho-Stoll 假设了存在着多个相互竞争的做市商的市场

由于交易者会同报出最优报价的做市商交易，因此，原则上，每位做市商的报价问题将取决于其他做市商的决定，也就是说，要在给定他对其他做市商行为的预期的情况下求解该做市商的最优化问题。为简便起见，Ho-Stoll 只考虑了一个只有两名相互竞争的做市商的例子，他们只交易 M、N 两种股票，并且对每种股票的真实价值的预期是相同的。每个做市商都从整个资产组合的角度来考虑其交易行为，选择买卖报价以最大化他们财富的预期效用。

每位做市商都设定每种证券的买入费用为 b_i，卖出费用为 a_i，$i=M$、N，并且每位做市商都有关于其他做市商的存货和财富状况的完全信息。假设在股票 M 和 N 上的交易是相互独立。Ho-Stoll 用一个简单的单时期模型说明，拥有价值为 M 的股票 M 和价值为 N 的股票 N 的做市商将设定股票 M 的保留买入费用为：

$$b_M=\frac{1}{2}\sigma_M^2R(Q+2I_M) \tag{3-16}$$

股票 M 的保留卖出费用为：

$$a_M=\frac{1}{2}\sigma_M^2R(Q-2I_M) \tag{3-17}$$

这里 Q 是固定的交易量，R 是贴现的做市商绝对风险厌恶系数，$R=\frac{-U''(W)}{(1+r)U'(W)}$，$U(W)$是做市商的效用函数。$I_M=M+(\sigma_{NM}/\sigma_M^2)N$，是做市商的存货头寸的总价值，取决于股票 M 的方差和 M、N 之间的协方差。因此，做市商设定的股票 M 的价差为 $S=\sigma_M^2RQ$。做市商的存货价值将影响价差的位置，存货头寸增大使保留买入费用增大，但保留卖出费用也会下降相同数目，因而存货头寸不会影响

价差的大小。这也意味着做市商设定的价差独立于他所成交的股票数量,因而做市商交易行为的分散程度不会影响其价差。

由于存在多名做市商,对其他做市商的行为以及他们的存货头寸的预期都将影响该做市商的报价设定及价差。市场价差的位置将取决于每一位做市商的报价。Ho-Stoll证明,市场上的买入和卖出费用将反映一个次优价格而不是每位做市商的保留价格。例如,如果某做市商的卖出保留价格是50,而另一做市商的保留价格为51,那么,第一位做市商将报出第二个价格,但不会高于51,因此,市场价差将反映次优价格。这意味着价差不一定反应其保留价格水平。Ho-Stoll证明,在两名做市商的情况下,价差可能会超过 $\sigma_M^2RQ_i$;而在三名做市商的情况下,价差将等于 $\sigma_M^2RQ_i$;在大于三名做市商的情况下,价差将小于 $\sigma_M^2RQ_i$。

Ho-Stoll证明,在市场上有超过两名做市商的情况下,价差也不会由于做市商之间的相互交易而趋于零,但价差会变小。做市商接受交易者的卖出指令将使其存货头寸增加,因此他将降低其买入报价,从而使价差增大。但在有两名做市商的交易模型中,即使允许做市商间相互交易,此类交易也不会发生。原因在于,每名做市商实际上都是市场的一个方面(买入或卖出)的垄断者。处于更有利的买入地位的做市商将报出他所能接受的最高价格,即另一做市商的买入价格。由于按该价格卖出不会提高第一个做市商的效用,因而不会发生做市商间的交易。每位做市商都在等待市场指令的到达。因此,市场价差实际上是垄断的价差,其大小取决于市场的一边(买入或卖出)的做市商的存货头

寸。

Ho-Stoll还考虑了多名做市商对资产的真实价值有不同预期时的均衡市场价差。但是,只要多名做市商的贴现的绝对风险厌恶系数是相同的,那么,所有做市商的保留买卖费用导致的价差仍是相同的。

Ho-Stoll还运用两时期模型分析了多名做市商的相互竞争对他们的保留买卖费用的影响。

3.2.4 存货模型的实证检验及其评价

存货模型所讨论的对象是市场买卖报价价差的行为。对买卖报价价差的解释有多种,它们各有区别。从某种意义上说,这种现象表明所有这些因素都对市场价差有影响。

但是,所有的存货模型都有相同之处,即在分析做市商行为时,假设做市商面临着随机的买入和卖出的指令流,他不得不依靠设定买卖报价来解决这个复杂的平衡问题。随机的买入、卖出指令流取决于做市商设定的买卖报价,与股票的未来价值无关,但在短期内它们将决定市场的行为。在长期内,做市商可以调整其存货头寸和价格,因而随机的买入和卖出是不相关的。因此,做市商对价格的影响也常常是暂时的,当指令流平衡时,价格将最终回复到"真实"水平。

对实证研究来讲,上述结论意味着只需从短期角度来描述市场行为。Joel Hasbrouck[1998]利用这一性质,将价格变动分解为短期的存货效应和长期的其他因素(如信息)效应。但是存货模型并不能很好地解释做市商的偏爱存货头寸问题。

例如,Amihud 和 Mendelson[1980]证明,做市商一般

有偏爱的存货头寸，他们往往想通过设定买卖报价价差来使其存货头寸保留在某一特定水平上。因此，做市商的存货头寸应是均值回复的，并且做市商的这种存货管理方式将导致证券价格过程的序列相关。但是，很难判断做市商的偏爱存货头寸是多少，并且该头寸是否稳定。关于做市商存货头寸的数据的出现，使得我们可以考察做市商存货头寸对买卖价格的影响。在作了某些简化之后，Madhavan 和 Smidt[1991, 1993]、Hasbrouck 和 Sofianos[1993]证明，做市商存在着偏爱的存货头寸，并且在相当长的周期内，做市商愿意偏离其偏爱的头寸。显然，现有的存货模型还不能对此作出解释。

由存货模型可知，做市商在存货头寸较多时选择卖出，而在存货头寸较少时选择买入，因此，存货效应会使证券价格产生均值回复现象。Lyons[1993]发现了外汇市场上存货效应的证据，但是 Madhavan 和 Smidt[1991]并没有发现多少股票市场上存货效应的证据，而 Manaster 和 Mann[1992]也没有发现多少股票市场上存货效应的证据。

这种实证检验结果与理论模型之间的矛盾，一方面是由于数据方面以及市场微观结构差异等原因，但是更大的可能是，简单的存货模型不具备足够的解释能力来说明证券市场价格行为的特征及其原因，因此，有必要进一步提出解释市场价格行为的模型。

Stoll[1995]评价说，做市商行为的存货模型是六七十年代资产组合理论和资本资产定价理论的扩展，其前提假设为交易者是风险厌恶的，并且具有相同的预期。但是，事实上交易者在信息方面是不对称的。从 80 年代开始，非对

称信息模型和信号模型为研究市场微观结构问题提供了新的工具。

3.3 不完全信息交易——信息模型概述

存货模型讨论了市场价格行为及价差的特征，它们的共同特征是，交易成本(包括各种的存货成本)将决定买卖价差。但是，实证检验结果表明，存货模型对市场价格行为的解释能力是有限的。以 Bagehot[1971]的一篇经典论文开始，出现了一种新的解释市场价格行为的理论，它不依靠交易成本，而是用信息的作用来解释价格行为。信息模型运用逆选择理论来说明，即使是在没有摩擦的完全竞争市场上，价差也会存在。信息模型的长处在于，它可以考察市场动态问题，即考察市场价格的调整过程。此外，信息模型还能对知情交易者和未知情交易者的交易策略作出解释。因此，信息模型成为近二十年来金融市场微观结构理论中发展最快的理论，也是用于解释买卖报价价差等市场价格行为的主要模型。

3.3.1 信息模型的起源——Bagehot 和 Copeland-Galai 的分析

一般认为，Jack Treynor 以 Bagehot 的名义于 1971 年发表的 *The Only Game in Town* 是信息模型的第一篇文章，他在该文中首次尝试用信息成本，而不是存货成本来解释市场价差。该文章首先区分了市场收益和交易收益。市

场收益是指由于市场的涨跌而导致的投资者的收益，因此每位投资者所获得的市场收益应该是一致的。而交易收益则不同，它是指普通交易者进行交易所获得的收益。由于存在信息成本，因此一般大多数交易者所得到的交易收益将低于市场收益。产生这种损失的原因在于，信息不对称市场上存在着拥有特殊信息的交易者，即知情交易者。作为交易中介的做市商，知道知情交易者所掌握的信息比他多，并且这些知情交易者在他知道股价被低估时买入，在知道股价被高估时卖出。不仅如此，由于知情交易者具有不交易的选择权，而做市商有义务按其买卖报价进行交易，因此，这些知情的交易者在与做市商进行交易时总是获利者。为了避免破产，做市商不得不用与未知情交易者交易所获的盈利来冲销这些损失，而这些盈利的来源就在于做市商设定的买卖报价价差。

Bagehot 提出的这种观点，即价差反映了做市商用来自知情交易者的盈利来冲销来自未知情交易者的损失这一事实，是对做市商做市行为的一种全新的认识。诚然，存货成本和交易成本是重要的因素，但信息成本的提出却为我们提供了理解市场价格行为的新思路。

Copeland 和 Galai 于 1983 年首次正式引入信息成本这一概念。[1]他们建立了一个关于做市商定价问题的单时期模型，其中某些交易者拥有特殊的信息，即是知情交易者。在 Copeland 和 Galai 的论文中，有两种截然不同的考

---

[1] Thomas E. Copeland and Dan Galai, 1983, Information Effects on the Bid-Ask Spread, *Journal of Finance*, 38: 1 457-1 469.

察买卖报价价差的分析方法。

第一种分析方法假设做市商是风险中性的，他通过设定买卖报价来使其预期收益最大化，即来自流动性驱动的交易者(liquidity-motivated trader)的预期收益与来自信息驱动的交易者(information-motivated trader)的预期损失的差额最大化。Copeland 和 Galai 运用第一种分析方法证明，买卖报价价差是价格水平和收益方差的正函数，是市场活跃程度、深度和连续程度的负函数，并与竞争的程度负相关；同时，股票的价格越高，则价差的百分比(相对于价格)就越小。第二种分析方法则把买卖报价看作是做市商向交易者提供的看涨和看跌期权。做市商相当于向市场提供了虚值的对敲期权(straddle option)，即在其买入价格上卖出了一个看涨期权，并在其卖出报价上卖出了一个看跌期权。如果这两个价格相同，那么知情交易者必定只执行实值期权，而出于流动性需要而交易的未知情交易者可能会也执行虚值期权。出于平衡这些损益的需要，做市商会在不同价格上出售期权。求解最优的看涨和看跌期权即可得出价差。但是，O'Hara 认为，尽管这种分析方法抓住了交易者头寸的重要特征，但是这种分析方法不能给出可推导(tractable)的模型来解决做市商的最大化问题。

Copeland 和 Galai 建立了一个非常简单的模型，在该模型中只存在一名风险中性的做市商，他与众多交易者进行交易。假设股票真实价格 P 的概率密度函数为 $f(P)$，$f(P)$是外生于市场的，且事先为所有市场参与者所知。在所有交易者中，只有一部分知情交易者是知道股票的真实价值的，其他交易者只知道价值的总体分布而不知其真实

价值，因而是非知情者，或是流动性交易者。由于某些交易者是知情的，他们知道真实价值 P，因此，知情交易者的行为将取决于他们的信息与市场上公开信息的差异。与存货模型不同，交易者并不是以独立于股票价格过程的外在速率到达市场的。在他们的简单的单时期模型中，Copeland 和 Galai 引入了这样一个概念，即做市商收到的指令流中有一部分是来自知情交易者的。由于做市商不知道每个具体交易者，因此，做市商只能知道，任何一笔交易，来自知情交易者的概率是 π_I，而来自未知情交易者的概率是 $(1-\pi_I)$。在指令到达市场后，Copeland 和 Galai 假设，未知情交易者买入的概率是 π_{BL}，卖出的概率是 π_{SL}，不成交的概率是 π_{NL}，即未知情交易并不是必须进行交易的。显然，有性质 $\frac{\partial \pi_{BL}}{\partial P_A} \mid P<0$，$\frac{\partial \pi_{SL}}{\partial P_B} \mid P>0$，这里 P_B 和 P_A 分别是做市商的买入和卖出报价。对知情交易者而言，交易目的是使其收益最大化。所有的交易都是相同规模的。在一个瞬时报价框架中，做市商设定其报价，随后进行所有交易。对做市商而言，他需要计算其所有交易产生的损失和盈利。如果交易者是知情的（概率为 π_I），则做市商的预期损失为：

$$\int_{P_A}^{\infty}(P-P_A)f(P)dP+\int_{0}^{P_B}(P_B-P)f(P)dP \qquad (3\text{-}18)$$

由(3-18)式可知，并非所有的知情交易者都交易，那些认为股票的真实价格在 P_B 和 P_A 之间的知情交易者将不交易。因此，知情交易者关于买卖报价区间的需求弹性是隐含在(3-18)式中的。

相反，如果交易者是未知情的（概率为 $(1-\pi_I)$），则做市商的预期的每一笔交易的收益为：

$$\pi_{BL}(P_A - P) + \pi_{SL}(P - P_B) + \pi_{NL}(0) \tag{3-19}$$

由于做市商并不知道其交易对手的类型，因此，他赋予预期盈利和预期损失的概率分别是知情和未知情交易的概率。因此，做市商的目标函数为：

$$\underset{P_A, P_B}{\mathrm{Max}} \left\{ -\pi_I \left(\int_{P_A}^{\infty} (P - P_A) f(P) dP + \int_0^{P_B} (P_B - P) f(P) dP \right) + (1 - \pi_I) \left(\pi_{BL}(P_A - P) + \pi_{SL}(P - P_B) + \pi_{NL}(0) \right) \right\} \tag{3-20}$$

该目标函数的最大化的解即为做市商的最优买卖报价。

由于做市商是唯一的垄断者，因此通过设定买卖报价 P_A 和 P_B，做市商可以使预期收益和预期损失之间的差额最大化。如果市场是准入的，做市商之间是相互竞争的，那么长期的竞争均衡必定是做市商设定 P_A^*、P_B^*，使得预期收益等于预期损失。很明显，如果知情交易者的比例上升，则预期损失会超过预期盈利，从而买卖报价价差将增大。

通过对比分析唯一垄断做市商和多个相互竞争的做市商的价差设定情况，Copeland 和 Galai 发现，随着做市商数目的增加，市场价差将减少。其次，如果知情交易者的比例增加，那么，垄断的做市商设定的价差与相互竞争的做市商设定的价差在除以证券价格后所取得的值会下降，即在市场上充斥知情交易者时，垄断做市商和相互竞争做市商的结果会趋于一致。第三，如果未知情交易的需求弹性下降，那么做市商设定的价差将增大。

Copeland-Galai 模型的长处在于能够计算做市商的预期盈利和损失，从而决定价差的大小和位置。该模型也指出，计算预期盈利和损失需要知道知情和未知情的概率、股票价格的随机过程以及交易需求的价格弹性。

Copeland-Galai 模型的一个重要结论是，即使存在风险

中性、相互竞争的多个做市商,价差仍然会产生。同时价差的大小会因多个市场参数而变化,特别是交易者需求函数的价格弹性及未知情交易者与知情交易者的总体参数。但是,只要知情交易者的概率大于零,则价差永远不会为零。因此,即使在不存在风险厌恶、做市商没有市场权力以及不存在上一节所分析的存货效应的情况下,市场价差仍然会存在。Copeland-Galai 模型用数学方法说明了 Bagehot 所作的论断,即只要有信息成本就足以导致市场价差存在。

Copeland-Galai 模型的不足之处在于,它是一个静态的一次交易模型,做市商的决策问题也仅仅是平衡收益和损失。这有点同存货控制问题相类似。但是,一旦引入了动态因素,那么信息模型的优势就体现出来了,关键在于,在存在不对称信息的情况下,指令流的性质就不会再独立于做市商的决策问题,因为指令流以及随后导致的交易都会传递信息。同时,不仅做市商,而且未知情交易者,都可以从知情交易者的连续交易中推测到内在的信息。因此,指令流和交易具有"信号"的功能。Glosten 和 Milgrom [1985]首次提出了将交易看作是传递信息的信号这种观点,Easley 和 O'Hara[1987,1992]更进一步拓展了这种观点。

3.3.2 Glosten-Milgrom 模型

首先,Glosten-Milgrom 模型是一个序贯交易模型,它使得我们可以通过考察做市商设定的买卖报价的变动来分析指令流与市场报价设定之间的动态关系。在序贯交易模型中,交易是序贯发生的,在某一时点上只允许一位交易者进行交易,Glosten 和 Milgrom 假设做市商以及其他市场参

与者都是风险中性的，并且相互竞争，做市商进行交易的期望损益为零。作为交易对象的资产的最终价值由随机变量V决定，每次交易只成交一个单位的资产，并且所有交易都以买入报价或卖出报价成交。没有其他的交易成本(如佣金、税收、存货持有成本或维持空头头寸的成本)，即做市商可以有无限的现金和证券存货用以进行交易，但这些头寸的持有的成本为零。因此，该模型认为买卖报价价差是一个纯粹由信息不对称导致的现象，存货成本的作用在该模型中是不予考虑的。O'Hara认为，虽然这种假设排除了存货的作用，从而大大简化了模型，但是，事实上在实际市场上存货成本和信息成本都可能对价格产生影响，因此，这种二分法可能是一个不足之处。

在Glosten-Milgrom模型中，某些知情交易者拥有关于V的信息，而未知情者则没有。由于知情交易的所有盈利都来自于未知情交易者的损失，因此未知情交易者的交易动机是一个问题。Milgrom和Stokey[1982]证明，如果未知情交易者是出于投机动机而交易的，那么对他们来说，最好的策略是放弃交易，否则他们必然遭受损失。因此，进行交易的未知情交易者的交易动机一定是投机以外的动机。在Glosten-Milgrom模型中，未知情交易者是出于流动性需要而进行交易的，这种需要是外在于模型的，因此他们也被称作“流动性交易者”。

由于在Glosten-Milgrom模型中交易是序贯进行的，每一时点上只允许一位交易者进行交易，并且交易者有选择交易与否的自由，因此交易者是如何交易的很重要。如果价格不是在完全信息水平上，那么知情交易者就会选择交

易，并且尽可能多进行交易。但是这样做将马上揭示出知情交易者的信息，做市商将根据所反映出来的信息来调整价格。为避免这样一种马上揭示信息的结果，Glosten 和 Milgrom 假设，依据概率随机地选择进行交易的交易者，并且每一位选中的交易者最多只能交易一个单位的资产，如果该交易者想继续交易，那么他只有重新排队等待再次被选中。这一假设意味着做市商所面对的交易者总体是相同的，因此，尽管知情交易者有信息优势并更愿意进行交易，但对做市商而言，他与知情交易者进行交易的概率是固定的。

在 Glosten-Milgrom 模型中，做市商设定报价，使得每一次交易的预期收益为零。这一假设的理由在于，如果做市商是风险中性的并且相互竞争，那么每个做市商之间相互博弈的结果必然是所有做市商都报出相同的买卖价格。产生这种结果的深层原因在于，所有做市商都有相同的先验看法，并且交易信息是公开的信息。但是，G-M 模型并没有明确为什么做市商必须是相互竞争的。

报价是竞争性的这一假设具有深远的含义，它使得设定的报价等于给定所发生的交易类型的情况下，做市商关于资产价值的条件期望值。在均衡状态下，买入报价是在交易者想要向做市商卖出资产时做市商关于资产价值的期望值，卖出报价是在交易者想要从做市商处买入资产时做市商关于资产价值的期望值。由于交易的类型具有信号作用，因此在每次交易后，做市商将修正其看法并设定新的买卖报价，这些新的报价反映了做市商从交易结果中所学习到的信息。

由于买卖报价是做市商关于资产真实价值的条件期望

值，因此可以用做市商后验看法的变化来描述价格的动态调整过程。Glosten-Milgrom 用一个一般化的模型来分析做市商的学习问题，在这里可用一个比较简单的模型来说明。[1]假设知情交易者知道，股票的真实价值非高即低，用 $\overline{V}$ 和 $\underline{V}$ 表示。令 S_1 表示交易者向做市商卖出股票的事件，B_1 表示交易者向做市商买入股票的事件。因此，做市商设定买入和卖出报价使得：

$$b_1 = E[V \mid S_1] = \underline{V}Pr\{V = \underline{V} \mid S_1\} + \overline{V}Pr\{V = \overline{V} \mid S_1\} \tag{3-21}$$

$$a_1 = E[V \mid B_1] = \underline{V}Pr\{V = \underline{V} \mid B_1\} + \overline{V}Pr\{V = \overline{V} \mid B_1\} \tag{3-22}$$

即在时期 1，买入报价是交易者希望向做市商卖出时做市商关于 V 的条件期望，而卖出报价是交易者希望从做市商处买入时做市商关于 V 的条件期望。

为计算买入报价，做市商必须计算 $Pr\{\underline{V} \mid S_1\}$ 和 $Pr\{\overline{V} \mid S_1\}$，这里采用标准贝叶斯方法来计算这些条件概率，如：

$$Pr\{V = \underline{V} \mid S_1\} = \frac{Pr\{V = \underline{V}\}Pr\{S_1 \mid V = \underline{V}\}}{Pr\{V = \underline{V}\}Pr\{S_1 \mid V = \underline{V}\} + Pr\{V = \overline{V}\}Pr\{S_1 \mid V = \overline{V}\}} \tag{3-23}$$

通过构造概率树结构，我们可以方便地计算这些条件概率。图 3-2 是典型的交易概率树结构。在该结构中，第一个结点表示“自然”作选择，即消息是好的还是坏的的概率。第

---

[1] M. O'Hara 对 Glosten-Milgrom 模型所作的描述性简化，见 M. O'Hara, 1995, *Market Microstructure Theory*, Blackwell Publisher.

二个结点表示出现知情交易者的概率，不管消息的好坏，出现知情交易者的概率是相同的。第三个结点表示给定交易机会时每位交易者的交易决策，对知情交易者来说，在好消息时，买的概率为 1，而卖的概率为 0；反之，在坏消息时，买的概率为 0，而卖的概率为 1。而对未知情交易者来说，不管消息是好是坏，买卖的概率是不变的：买入概率为 γ^B，而卖出概率为 γ^S。在结构图的末端给出了每一分支的概率。由每一分支的概率可以很简单地计算出买入（卖出）的概

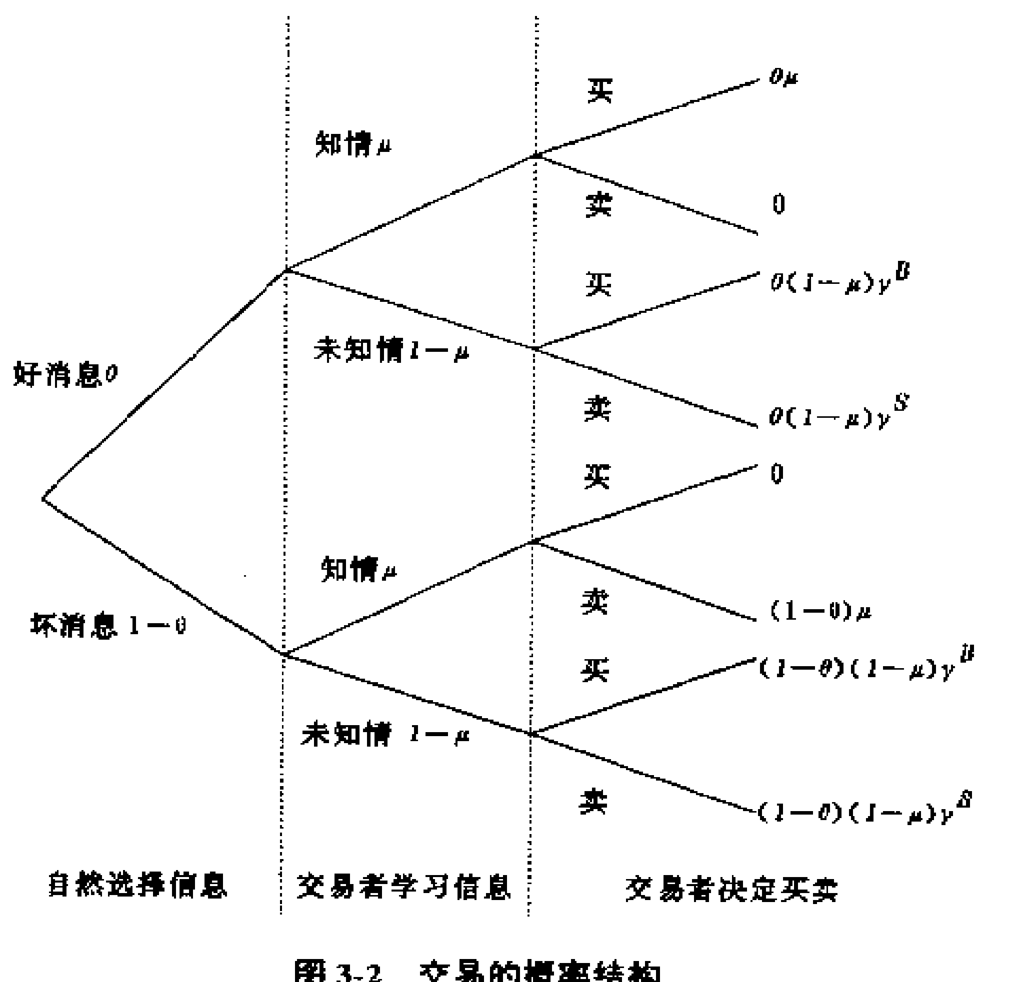


图 3-2　交易的概率结构

率。如在图 3-2 中，观察到买入的概率为$(1-\mu)\gamma^{B}+\theta\mu$，而观察到卖出的概率为$(1-\mu)\gamma^{S}+(1-\theta)\mu$，其中第一项都表示该交易来自未知情交易者的概率，第二项该交易来自知情交易者的概率。很明显，决策点越多，那么概率树就越复杂。

在时期 1，做市商设定报价，随后交易发生。在发生交易后，做市商必须根据发生的交易所传递的信息来建立其后验概率。例如，如果在时期 1 发生的交易是交易者卖出股票，即做市商买入股票，那么做市商必须计算其后验概率，以此来计算时期 2 的买卖报价：

$$\begin{aligned}\text{买入报价：}b_1 &= E[V \mid S_1, S_2]\\ &= \underline{V}Pr\{V=\underline{V} \mid S_1, S_2\} + \overline{V}Pr\{V=\overline{V} \mid S_1, S_2\}\end{aligned} \tag{3-24}$$

$$\begin{aligned}\text{卖出报价：}a_1 &= [V \mid S_1, B_2]\\ &= \underline{V}Pr\{V=\underline{V} \mid S_1, B_2\} + \overline{V}Pr\{V=\overline{V} \mid S_1, B_2\}\end{aligned} \tag{3-25}$$

这里，

$$Pr\{V=\overline{V} \mid S_1, B_2\} = \frac{Pr\{V=\underline{V} \mid S_1\}Pr\{B_2 \mid V=\underline{V}\}}{Pr\{V=\underline{V} \mid S_1\}Pr\{B_2 \mid V=\underline{V}\} + Pr\{V=\overline{V} \mid S_1\}Pr\{B_2 \mid V=\overline{V}\}} \tag{3-26}$$

其他后验概率可以相似地求出。同样，时期 2 以后的后验看法以及报价也可以用相同的方法求出。该学习过程的一个重要特征是，看法的修正可以表述为依据贝叶斯定理对做市商先验看法的简单更新。由贝叶斯定理可知，后验看法，以及报价最终将收敛于完全信息水平。我们将在第四章中详细讨论这些性质。

3.3.3 Glosten-Milgrom 模型的结论

Glosten-Milgrom 模型的结论主要有以下几点：首先，同 Copeland-Galai 模型的结论一样，价差的产生是独立于外在的交易成本或存货成本的，仅由信息不对称导致的逆选择就足以产生价差。但是，这两个模型对价差的解释是不同的，Copeland-Galai 模型认为，价差仅仅是为了平衡预期的收益和损失，而 Glosten-Milgrom 模型认为，交易者的买入行为导致做市商向上修正其对资产价值的预期，而交易者的卖出行为导致做市商向下修正其对资产价值的预期，因此其报价也会随着对资产价值的预期的变动而变动。由于竞争假设的存在，做市商的价格将平衡做市商的预期收益和损失，但是做市商设定的报价将等于在获取公开信息后关于资产价值的期望值。Glosten-Milgrom 模型描述了影响价差的具体因素，特别是他们表明内在信息的性质、知情交易者的数量以及交易者的供给和需求弹性等因素是如何影响价差的。

Glosten-Milgrom 模型的第二个重要结论是交易价格服从鞅过程。如果 $E[P_{t+1} | I_t] = P_t$，其中 I_t 是做市商在时期 t 的信息集，那么价格随机过程就是个鞅过程。直观地讲，市场观察者在预测未来价格时，最好的方法是取现在的价格作预测值。这个性质是很重要的，因为它将价格行为和市场效率的概念联系了起来。我们知道，市场效率有三种定义，强型有效表明市场价格反映所有的私人信息，半强型有效表明市场价格反映了所有公开的信息，而弱型有效表明市场价格只反映了过去的历史信息。贝叶斯学习过程表明，价格将最终收敛于资产的真实价值，因而市场是强

型有效的。但是,如果某些交易者拥有特殊信息那么市场价格将不会呈现强型有效。鞅过程表明,价格将是半强型有效的,因为它们反映了所有在市场上公开的、可为做市商所知的信息。

如果价格随机过程服从鞅过程,那么成交价格的一阶差分将是序列无关的。Glosten 和 Milgrom 指出,这个推论是同由存货持有成本等交易成本或做市商的风险厌恶和市场权力假设所导致的序列负相关性相悖的。因此,可以用价格序列偏离序列负相关性的程度来衡量信息不对称对证券价格的影响,即决定在价差的来源中,有多少是来自于信息不对称所导致的逆选择,有多少来自于做市商的交易成本(存货成本等)。Hasbrouk[1988]、Harris[1990]、Glosten-Harris[1988]进行了这一方面的实证研究。

Glosten-Milgrom 模型的第三结论是,在某些条件下,由信息不对称所导致的逆选择有可能使市场崩溃。这个结论有点类似于 Akerlof[1970]从柠檬市场模型中得到的结论。如果市场上存在过多的知情交易者,那么,做市商将被迫设定足够大的价差,以至于阻止了交易的发生。并且由于信息是通过交易反映在价格中的,因而,交易的缺乏将导致市场体系的崩溃。因此,有必要考虑是否存在其他的可以避免市场崩溃的机制,同时,也有必要考虑一些市场交易规则,如交易暂停和"短路器(circuit breaker)"装置是否有利于处理信息不对称问题。例如,交易暂停使得知情交易者不能进行交易,从而不能通过交易行为来揭示知情交易者所掌握的信息。由于交易本身是能够揭示信息,因此关闭市场将加剧随后的逆选择问题,除非知情交易者所掌握

的信息可以通过其他途径泄露到市场上。

3.3.4 对 Glosten-Milgrom 模型的评价

Glosten-Milgrom 模型的主要特点在于考虑了交易的“信号”作用，从而可以分析价格和信息之间的动态联系。

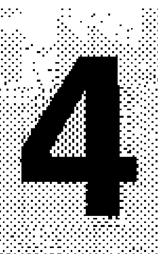
在 Copeland-Galai 模型中，由于在每次交易以后所有的私人信息就会被揭示出来，因此很容易计算做市商对知情交易者的期望损失。但是，如果新的信息不是马上就在一次交易后就被揭示出来，即价格马上接近真实价值，那么由于知情交易而导致的损失就不容易计算了。这是因为损失的大小不仅取决于现在的买卖报价价差，还取决于市场价格对信息的反应的迅速程度。因此，在考察信息对市场价格的影响时，还必须考虑多回合交易的可能性。在多回合交易的情况下，交易本身就能够揭示信息，从而影响做市商设定的价差。

Glosten 和 Milgrom 在他们的模型中考虑了做市商的动态定价问题。他们认为，在竞争性市场上知情交易者的交易将反映他们所掌握的特殊信息，即在知道坏消息时卖出，而在知道好消息时买入。因此，如果做市商收到卖出指令，那么这些指令可能有两个来源，一种可能是未知情交易者出于流动性需要(如即时的消费需要)而提交的卖出指令，另一种是知情交易者知道坏消息而提交的卖出指令。由于做市商不能区分这两种情况，因此，他只有通过观察已发生的交易类型来判断这种交易指令的来源，从而调整他对股票真实价值的看法。因此，在做市商收到交易指令后，他会改变其对资产价值的看法，并随后改变其报价。

Glosten和 Milgrom 证明,随着时间的推移,做市商最终会从知情交易者集中在一边的交易中推测出知情交易者所掌握的信息,从而依据该信息将价格设定为资产的真实价值。

考察做市商所面临的学习问题是市场微观结构理论的一个重要研究方向。在存货模型中,指令流以及资产价值的不确定性等因素都被假设是外生的,因此,做市商的决策问题在本质上就是设定买卖报价,以此来平衡破产风险。因此,作为平衡结果的价格只能反映这些外生的参数以及做市商的偏好或其市场权力等因素。但是,一旦引入了做市商的学习问题这一概念,那么价格就不再独立于关于资产真实价值的信息。这种真实价值和价格设定之间的关系可以使我们能够考察信息融入价格的过程,从而考察真实价值与交易价格之间的动态关系。长期以来,这个问题一直是有效市场假说和理性预期文献的研究重点,现在我们可以在用于设定证券市场价格的真实交易机制的背景下来考察这个问题。

自 Glosten-Milgrom 模型问世后,市场微观结构理论的研究重点转移到分析做市商如何从指令流中学习信息以及信息如何影响价格的波动。因此,Glosten-Milgrom 模型是信息模型发展中的里程碑,它与 Copeland-Galai 模型的差别就在于 Glosten-Milgrom 模型考虑了做市商的学习问题,从而使得我们可以考察做市商在从指令流中学习到信息后对价格所作的动态调整过程。虽然学习问题的具体市场环境是各不相同的,但是,从信息不对称角度看,这种学习问题本质上是一种贝叶斯学习过程。贝叶斯学习过程提供了一种求解动态学习问题的重要工具。



信息模型中做市商定价策略分析

在不完全信息的市场微观结构模型中，贝叶斯学习过程是分析价格调整动态过程的有力工具。做市商(甚至某些未知情交易者)知道指令流是同资产的真实价值相联系的，但并不知道资产的真实价值。因此，不难想象，他们会利用来自指令流的信息来推测资产的真实价值，从而调整他们的买卖报价。这种信息可以是来自序贯交易模型的一个成交价格，也可以是批量模型中的竞价结果。这样，随着交易的进行，信息不断在交易价格中得到反映，做市商也不断地调整买卖报价，由此，贝叶斯学习过程可以描述买卖报价对信息所作的动态调整过程。

4.1 贝叶斯学习过程

4.1.1 贝叶斯规则与做市商的动态学习过程

贝叶斯学习过程的原理十分简单，它是贝叶斯规则的直接运用。贝叶斯规则最早是由英国学者 T. Bayes 提出的。假设 $A_1, A_2, \cdots, A_n$ 是样本空间 Ω 的一个划分，

$P(A_i)>0, i=1,2,\cdots n$，B 为任一事件，且 $P(B)>0$，则根据条件概率公式

$$P(A_i|B)P(B)=P(B|A_i)P(A_i)=P(A_iB)$$

可以有：

$$P(A_i|B)=\frac{P(B|A_i)P(A_i)}{P(B)} \tag{4-1}$$

其中 $P(B)=\sum_{k=1}^{n}P(A_k)P(B|A_k)$，表示事件 B 出现的边缘概率。(4-1)式就是所谓的贝叶斯规则，其中 $P(A_i)$ 被称为先验概率，而 $P(A_i|B)$ 被称为后验概率。

如果我们假设 A_i 是各种可能的事件，B 是某一数据，则由贝叶斯规则可知，观察到数据后，后验概率为：

$$Pr\{事件\ i|数据\}=\frac{Pr\{数据|事件\ i\}Pr\{事件\ i\}}{\sum_{k=1}^{n}Pr\{数据|事件\ k\}Pr\{事件\ k\}} \tag{4-2a}$$

也可表述为：

$$Pr\{事件\ i|数据\}=后验概率=\frac{先验概率\times Pr\{数据|事件\ i\}}{发生数据的边缘概率} \tag{4-2b}$$

虽然贝叶斯规则是条件概率公式的推论，但它包含了一种推理思想，即用新的信息不断更新以往的已有看法。简单地说，贝叶斯规则反映了先验概率和后验概率之间的关系，即后验概率既反映了先验概率的信息，又反映了新观测值的信息，新观测值使我们对随机变量的先验看法发生了变化。

作为贝叶斯规则的应用，贝叶斯学习过程并不是十分复杂。但是，贝叶斯学习过程可以描述买卖报价对交易所揭示信息所作的动态调整过程，从而可以揭示信息和价格之间的动态联系。在贝叶斯学习过程中，每一位交易者都

有一个关于资产价值的先验概率，该先验概率是交易者认为资产的价值（随机变量 V 表示）有实现值 x 的概率。随后该交易者观察到某些数据（如一次成交价格），他用这些数据计算这些数据发生时事件（$V=x$）发生的条件概率，该条件概率就被称作后验概率。后验概率与先验概率的差别在于，它融入了交易者新观察到的信息。此后，该后验概率又成为新的先验概率，交易者在观察到新数据后又对它进行更新。在这里，更新过程就用到贝叶斯规则。运用贝叶斯规则，我们不仅可以看到做市商关于资产价值的看法（进而报价）的更新动态过程，同时也能看到报价更新过程的收敛性质。

假设某做市商认为资产价值有两种可能（或高或低，$\overline{V}$ 或 $\underline{V}$）并且其先验概率 $Pr\{V=\underline{V}\}=\delta$。现在，假设发生了交易者卖出（$S$），那么后验概率 $Pr\{V=\underline{V}|S\}$ 的计算公式为：

$$Pr\{V=\underline{V}|S\} = \frac{Pr\{V=\underline{V}\}Pr\{S|V=\underline{V}\}}{Pr\{V=\underline{V}\}Pr\{S|V=\underline{V}\}+Pr\{V=\overline{V}\}Pr\{S|V=\overline{V}\}} \tag{4-3}$$

发生交易者买入（B）的概率也同样可以计算出来。

假设在 $V=\underline{V}$ 的情况下发生交易者买入的概率为 γ_1，即 $Pr\{B|V=\underline{V}\}=\gamma_1$，$V=\overline{V}$ 的情况下发生交易者买入的概率为 γ_2（$\gamma_2>\gamma_1$），即 $Pr\{B|V=\overline{V}\}=\gamma_2$，则有：

$$Pr\{V=\underline{V}|S\}=\frac{\delta(1-\gamma_1)}{\delta(1-\gamma_1)+(1-\delta)(1-\gamma_2)}$$

$$Pr\{V=\overline{V}|S\}=\frac{(1-\delta)(1-\gamma_2)}{\delta(1-\gamma_1)+(1-\delta)(1-\gamma_2)}$$

$$Pr\{V=\underline{V}|B\}=\frac{\delta\gamma_1}{\delta\gamma_1+(1-\delta)\gamma_2}$$

$$Pr\{V=\overline{V}|B\}=\frac{(1-\delta)\gamma_2}{\delta\gamma_1+(1-\delta)\gamma_2} \qquad (4\text{-}4)$$

因此，做市商将买卖报价分别设定为发生交易者买入和卖出时做市商关于资产价值的条件期望：

$$\text{卖出价}=E[V|B]=Pr\{V=\underline{V}|B\}\underline{V}+Pr\{V=\overline{V}|B\}\overline{V} \qquad (4\text{-}5)$$

$$\text{买入价}=E[V|S]=Pr\{V=\underline{V}|S\}\underline{V}+Pr\{V=\overline{V}|S\}\overline{V} \qquad (4\text{-}6)$$

即卖出报价是发生交易者买入情况时做市商关于资产价值的条件期望，买入报价是发生交易者卖出情况时做市商关于资产价值的条件期望。

假设实际发生的交易是交易者买入股票，则实际成交价格为 $E[V|B]$，此时该交易价格成为做市商新的先验概

同样算出。因此，资产价值的条件期望分别为：

$$E[V|B,B]=Pr\{V=\underline{V}|B,B\}\underline{V}+Pr\{V=\overline{V}|B,B\}\overline{V}$$

和 (4-9)

$$E[V|B,S]=Pr\{V=\underline{V}|B,S\}\underline{V}+Pr\{V=\overline{V}|B,S\}\overline{V}$$

它们分别为做市商的新的卖出报价和买入报价。

如果实际发生的交易是交易者卖出股票，则后验概率分别为 $Pr\{V=\underline{V}|S,B\}$、$Pr\{V=\underline{V}|S,S\}$、$Pr\{V=\overline{V}|S,B\}$ 和 $Pr\{V=\overline{V}|S,S\}$，此时做市商也可设定新的买入报价和卖出报价。

一般地，假设已发生了 b 次买入，s 次卖出，则其后验概率分别为

$$Pr\{V=\underline{V}|b,s\}=\frac{\delta\gamma_1^b(1-\gamma_1)^s}{\delta\gamma_1^b(1-\gamma_1)^s+(1-\delta)\gamma_2^b(1-\gamma_2)^s}$$

和 (4-10)

$$Pr\{V=\overline{V}|b,s\}=\frac{(1-\delta)\gamma_2^b(1-\gamma_2)^s}{\delta\gamma_1^b(1-\gamma_1)^s+(1-\delta)\gamma_2^b(1-\gamma_2)^s}$$

4.1.2 做市商学习过程的动态性质

由于对资产价值的看法(以及买卖报价)的更新是由贝叶斯学习过程决定的，因此，运用贝叶斯学习过程，我们不仅可以分析这种更新过程的动态性质，还可以根据贝叶斯学习过程的性质来判断价格的动态调整过程的性质。这种性质主要体现在两个方面：其一，贝叶斯学习过程表明，随着交易的进行，做市商将得到更多的内在信息，因而其设定的买卖报价也会随之而变动。那么，价格将趋向何处，是最终趋向于一点还是循环波动？其二，价格调整过程的速度是

多少，如果价格收敛于资产的真实价值，那么要花多少时间？

贝叶斯学习过程有两个重要的动态性质。其一，可以证明，运用后验条件概率计算出来的关于资产真实价值的期望值必定收敛于真实价值。其二，如果观察的对象是一个独立同分布过程，那么贝叶斯学习过程产生的后验概率将按指数级收敛。

第一个性质表明，价格将最终收敛于真实价值，因而市场是强型有效的。同时，它也表明，市场能够有效地将信息反映到价格之中。第二个性质表明，虽然价格的调整不是瞬时完成的，但是，仍可以定量地分析所花费时间的长短，从而可以分析不同市场环境下价格调整的速度。

上述两个性质的证明比较复杂，主要是用到强大数定律和熵的标准统计概念，概述如下。[1]

由(4-10)式可知，一般的学习过程可以写成：

$$Pr\{V=\underline{V}|b,s\}=\frac{\delta\gamma_1^b(1-\gamma_1)^s}{\delta\gamma_1^b(1-\gamma_1)^s+(1-\delta)\gamma_2^b(1-\gamma_2)^s} \quad (4\text{-}11a)$$

相应地，有：

$$Pr\{V=\overline{V}|b,s\}=\frac{(1-\delta)\gamma_2^b(1-\gamma_2)^s}{\delta\gamma_1^b(1-\gamma_1)^s+(1-\delta)\gamma_2^b(1-\gamma_2)^s} \quad (4\text{-}11b)$$

因此，关于资产价值的条件期望分别为：

$$E[V|b,s]=Pr\{V=\underline{V}|b,s\}\underline{V}+Pr\{V=\overline{V}|b,s\}\overline{V} \quad (4\text{-}12)$$

现在假设资产的真实价值为 $\underline{V}$。那么，要证明由(4-12)式表示的资产价值收敛于 $\underline{V}$，只要证明 $Pr\{V=\underline{V}|b,s\}=1$。为此，考察这两个后验概率的比例，有：

---

〔1〕 有兴趣的读者可以参考 M.O'Hara 的《市场微观结构理论》一书。

$$\frac{Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}}{Pr\{V=\underline{V}\mid b,s\}}=\frac{(1-\delta)\gamma_2^b(1-\gamma_2)^s}{\delta\gamma_1^b(1-\gamma_1)^s} \tag{4-13}$$

两边取对数，并运用大数定律考察该对数值在经过 $b+s$ $((b+s)\to\infty)$次的平均后，有：

$$\frac{1}{b+s}\log\left(\frac{Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}}{Pr\{V=\underline{V}\mid b,s\}}\right)\to\gamma_1\log\left(\frac{\gamma_2}{\gamma_1}\right)+(1-\gamma_1)\log\left(\frac{1-\gamma_2}{1-\gamma_1}\right)$$
$$=-I_{\gamma_1}(\gamma_2) \tag{4-14}$$

(4-14)式的右边是熵的标准统计概念。在 $\gamma_1\neq\gamma_2$ 时，右边小于零。因此，$\log\left(\frac{Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}}{Pr\{V=\underline{V}\mid b,s\}}\right)$只有趋于负无穷大，这样，只有$\left(\frac{Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}}{Pr\{V=\underline{V}\mid b,s\}}\right)$趋于零，即 $Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}\to 0$。于是，有 $Pr\{V=\underline{V}\mid b,s\}=1-Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}=1$。

随后，令 $b+s=t$，有：

$$\frac{1}{t}\log\left(\frac{Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}}{Pr\{V=\underline{V}\mid b,s\}}\right)\to -I_{\gamma_1}(\gamma_2) \tag{4-15}$$

因此，$\left(\frac{Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}}{Pr\{V=\underline{V}\mid b,s\}}\right)$，进而 $Pr\{V=\overline{V}\mid b,s\}$也以 $-I_{\gamma_1}(\gamma_2)$的速率指数地收敛于零。由此，上述两个性质得证。

4.1.3 贝叶斯学习过程在市场微观结构理论中的应用

在对金融市场的实证研究中，许多模型都假设随机变量(如资产价值)具有连续分布，而不是离散分布，因此，必须将贝叶斯学习过程扩展至连续分布状态。

假设关于随机变量 μ 的先验概率密度函数为 $g(\mu)$。随机变量 x 的观测值是独立同分布的，并且给定 μ 时的密

度函数为$f(x|\mu)$。因此，有 μ 的后验分布密度函数：

$$g(\mu|x)=\frac{g(\mu)f(x|\mu)}{\int f(x|\mu)g(\mu)d\mu} \tag{4-16}$$

假设随机变量 μ 服从正态分布$N(m,\sigma_\mu^2)$，而给定随机变量 μ 取值时，观测值 x 服从正态分布$N(\mu,\sigma_x^2)$，即有：

$$g(\mu)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\mu}\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_\mu^2}(\mu-m)^2\right] \tag{4-17}$$

$$f(x|\mu)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x}\exp\left[-\frac{1}{2\sigma_x^2}(x-\mu)^2\right] \tag{4-18}$$

运用(4-16)式，有 μ 的后验分布密度：

$$\left(\frac{\sigma_x^2+\sigma_\mu^2}{2\pi\sigma_x^2\sigma_\mu^2}\right)^{\frac{1}{2}}\exp\left[-\left(\frac{\sigma_x^2+\sigma_\mu^2}{2\sigma_x^2\sigma_\mu^2}\right)\left[\mu-\frac{\frac{m}{\sigma_\mu^2}+\frac{x}{\sigma_x^2}}{\frac{1}{\sigma_\mu^2}+\frac{1}{\sigma_x^2}}\right]^2\right] \tag{4-19}$$

因此，给定观测值 x 时，μ 的后验分布是：

$$N\left(\frac{\frac{m}{\sigma_\mu^2}+\frac{x}{\sigma_x^2}}{\frac{1}{\sigma_\mu^2}+\frac{1}{\sigma_x^2}},\left(\frac{1}{\sigma_\mu^2}+\frac{1}{\sigma_x^2}\right)^{-1}\right) \tag{4-20}$$

该后验分布有几个重要的性质。其一，后验分布仍是正态的，即，如果我们有先验正态分布的随机变量，并且观测值也服从正态分布，那么，后验分布也是正态的。

其次，后验分布的均值揭示出，学习过程实际上是在对先验均值和观测值信号作加权平均，权数分别是它们的方差的倒数，即后验均值可以写成：

$$\left[m\frac{1}{\sigma_\mu^2}+x\frac{1}{\sigma_x^2}\right]/\left[\frac{1}{\sigma_\mu^2}+\frac{1}{\sigma_x^2}\right] \tag{4-21}$$

根据这一含义，我们可以非常方便地计算后验分布的均值。

更进一步,假设进行了无数次的观测,有观测值 $x_1, x_2, \cdots, x_T \sim N(\mu, \sigma_x^2)$,则后验分布为:

$$N\left[\frac{\frac{m}{\sigma_\mu^2}+\frac{\sum_{t=1}^{T} x_t}{\sigma_x^2}}{\frac{1}{\sigma_\mu^2}+\frac{T}{\sigma_x^2}}, \left(\frac{1}{\sigma_\mu^2}+\frac{T}{\sigma_x^2}\right)^{-1}\right] \tag{4-22}$$

运用强大数定律,我们可以得到该后验分布的均值趋向于 μ,而后验分布的方差趋向于零。这一点同贝叶斯学习过程的动态性质相一致。

Glosten-Milgrom 模型第一次运用贝叶斯学习过程来描述在信息不对称的市场环境下做市商如何设定买卖报价的动态过程,它是贝叶斯学习过程在市场微观结构理论中的第一次正式运用。

4.2 信息模型中影响做市商定价策略的因素

4.2.1 指令类型与做市商定价策略

Glosten-Milgrom 运用贝叶斯学习过程动态地分析了交易指令类型对做市商定价策略的影响。他们认为，由于交易指令的类型具有信号作用，因此，做市商将分别依据交易指令的类型来设定买卖报价。在均衡状态下，买入报价是做市商收到卖出交易指令时关于资产价值的条件期望值，卖出报价是做市商收到买入交易指令时关于资产价值的条件期望值，因此，交易者的买入交易指令将促使做市商向上调整其卖出报价，而交易者的卖出交易指令将促使做市商向下调整其买入报价。

4.2.2 指令规模与做市商定价策略——Easley-O'Hara 模型

4.2.2.1 分析框架

无论是在 Copeland-Galai 模型中，还是在 Glosten-Milgrom 模型中，交易者每次成交的数量都被假设成是固定的，即交易者只能买入或卖出一个单位的资产。Easley 和 O'Hara 于 1987 年提出了他们的模型，考察了交易规模对价格行为的影响，其结论是，做市商的定价策略会依赖于指令规模，规模比较大的指令往往以比较差的价格成交。在此之前，许多实证分析，如 Dann、Mayers 和 Raab[1977]、Holthausen[1987，1990]等的研究，都发现大额交易(或大宗交易)会导致特殊的价格行为，因此，需要扩展的信息模型来分析这种证券价格和交易量之间的关系。

同 Glosten-Milgrom 模型一样，Easley-O'Hara 模型也是一个序贯交易模型，交易是根据一个概率结构序贯发生的。

Easley-O'Hara 模型与前面的信息不对称模型的差别在于两个方面。首先,交易者可以进行不同规模的交易。允许交易者进行不同规模的交易使得我们可以描述交易规模对证券价格的影响,同时,允许交易者进行不同规模的交易也使得交易博弈中融入了交易的策略因素,它使均衡的概念更复杂了。其次,Easley-O'Hara 模型还对信息的不确定性作了拓展,即不仅信息的性质(好的或是坏的)是不确定的,而且信息的存在性(是否存在内在信息)也是不确定的。因此,在他们的模型中,做市商的学习过程要解决信息的存在性和方向性两个问题。

Easley 和 O'Hara 将信息事件定义为关于资产价值 V 的信号 s 的发生值。在交易开始前,该信号发生(即信息事件发生)的概率是 $\alpha, 0<\alpha\leqslant 1$,并且信号只有两种可能取值,一高一低,信号为低($L$)的概率为 δ,信号为高(H)的概率是$(1-\delta), 0<\delta<1$。令 $\underline{V}=E[V|s=L], \overline{V}=E[V|s=H]$,则 $\overline{V}>\underline{V}$。一旦信号产生,那么一部分交易者 μ 将知悉这些信号,他们是知情交易者,假设这些知情交易者是风险中性的;如果没有信号发生,那么所有的交易者都是不知情的。由于做市商和未知情交易者不能观察到信号,也不知道是否存在新信息,因此,他不能确定市场上是否存在知情交易者。但是,他们知道信息事件最终将发生,并且他们知道这些信息结构,因此,他们关于资产价值的无条件期望值为 $V^*=\delta\underline{V}+(1-\delta)\overline{V}$。

虽然该模型允许进行不同规模的交易,但是为简便起

又可选择小额或大额的卖出（用 S_1 和 S_2 表示，$0<S_1<S_2$），或者不进行交易。令 $X_S^i>0$ 和 $X_B^i>0$，$i=1$，2，是可以进行交易的未知情交易者中想要交易 S_i 和 B_i，$i=1,2$ 的比例。Easley-O'Hara 假设未知情交易者的交易动机不是为了投机获利，而是为了满足流动性需要，这种流动性需要可能来自于消费和收入的时间性的不平衡，也可能来自于资产组合的不平衡。

每一位知情交易者都是风险中性的，并且交易目的是最大化其预期收益。由于知情交易者可以选择进行不同规模的交易，交易规模越大，在其他情况不变的条件下收益越大，因此，交易规模的选择将导致一个逆选择问题，即在相同的价格下，知情交易者将选择更大的交易量。由于未知情交易者不会这样做，因此，做市商将把大额交易指令看作是知情交易的信号并相应地调整价格。

对做市商而言，由于他并不知道与他进行交易的交易者是否知情，甚至不知道信息事件是否发生，因此，为设定买卖报价，他必须考虑来自交易者指令流的信息。为此，每一名做市商须计算与未知情交易者、拥有高信号的知情交易者、拥有低信号的知情交易者交易的概率。值得注意的是，在 Easley-O'Hara 模型中，知情交易者被假设成是相互竞争的，它大大简化了知情交易者的决策问题。

Easley-O'Hara 假设做市商是风险中性的并且在价格一数量报价上相互竞争。做市商随时根据已发生的交易调整其报价，并且不考虑存货的效应。在给定其他做市商的供求函数时，每个做市商选择预期盈利最大化的供求函数。假设做市商 j 的需求函数为 $d^j(q)$，即愿按此单位价格买

入 q 单位，供给函数为 $c^j(q)$，即愿按此单位价格卖出 q 单位。根据做市商相互竞争的假设，在均衡时，每个做市商的价格—数量报价将使得他们的预期盈利为零。

4.2.2.2　均衡及其性质

依据假设，做市商需决定不同交易量的买卖报价，即针对数量 B_1、B_2、S_1 和 S_2 的价格。Easley 和 O'Hara 证明，依据他们的分析框架，有可能产生两类均衡，第一类均衡是"分离均衡"(separating equilibrium)，知情交易者选择只进行大额交易，因而做市商可以把他们同只进行小额交易的未知情交易者区别开来。第二类均衡是"混合均衡"(pooling equilibrium)，知情交易者选择提交大额和小额的指令，因而做市商不能把他们同未知情交易者区分开来。当然，即使在分离均衡下，未知情交易者也可以进行大额交易，因而分离均衡实际上更可能是"半分离均衡"。

由两类均衡出发，我们可以分别考察做市商的决策问题。在知情交易者只进行大额交易和同时进行大额和小额两种交易时，做市商决策问题的求解是不同的，比较两种解就可以知道在什么状态下知情交易者应选择什么交易策略。

第一种状态：分离均衡情况。

依据假设，在交易开始前，每一位做市商具有先验看法 $Pr\{V=\underline{V}\}=\delta$，$Pr\{V=\overline{V}\}=1-\delta$。但是，一旦信息事件发生，那么知情交易者将知道资产的预期价值将大于(当 $s=H$时)或小于(当 $s=L$ 时)做市商的预期 V^*，因此，在知道好消息($s=H$)时知情交易者买入 B_2；相反，在知情坏消息($s=L$)时卖出 S_2。

因此，为决定买卖报价，每位做市商必须计算给定交易类型时 δ 的条件值，以此确定资产价值的条件期望值。显然，如果没有信息事件发生，那么 δ 保持不变，如果有信息事件发生，则在 $s=L$ 时 δ 为 1，在 $s=H$ 时 δ 为 0，因此做市商关于 δ 的更新过程为：

$$\begin{aligned}\delta_1(Q_1) &= Pr\{V=\underline{V}\mid Q_1\}\\ &= 1\cdot Pr\{s=L\mid Q_1\}+0\cdot Pr\{s=H\mid Q_1\}+\delta\cdot Pr\{s=0\mid Q_1\}\end{aligned} \tag{4-23}$$

这里 $s=0$ 表示没信息事件发生。运用贝叶斯规则，我们可以十分方便地求解出上述后验看法：

$$Pr\{s=x\mid Q_1\} = \frac{Pr\{s=x\}Pr\{Q_1\mid s=x\}}{\sum_{x\in\{L,H,0\}}Pr\{s=x\}Pr\{Q_1\mid s=x\}} \tag{4-24}$$

这里 $x\in[L,H,0]$。容易证明，$\delta_1(B_1)=\delta_1(S_1)=\delta$，即在给定小额交易时，做市商关于 δ 的条件期望等于原先的无条件期望值。也就是说，如果市场实现分离均衡，那么，做市商知道只有未知情交易进行小额交易，因而小额交易没有任何信息含量，也不会改变做市商关于资产价值的先验看法。然而，对大额卖出而言，有：

$$\delta_1(S_2)=\delta\frac{\alpha\mu+X_S^2(1-\alpha\mu)}{\alpha\mu\delta+X_S^2(1-\alpha\mu)}\geqslant\delta$$

$$\text{且}\frac{\partial\delta_1(S_2)}{\partial(\alpha\mu)}>0 \tag{4-25a}$$

这是因为大额卖出是有信息含量的，从而做市商认为 $V=\underline{V}$ 的概率将增加。(4-25a)式表明，增加的幅度取决于知情交易者的概率（即，发生信息事件的概率 α 与发生信息事件后知情交易者的比例 μ 两者的乘积），若其中一者为零，

即不发生信息事件或发生信息事件时没有知情交易者，那么 $\delta_1(S_2)=\delta$。由 $\frac{\partial\delta_1(S_2)}{\partial(\alpha\mu)}>0$ 可知，α、μ 越大，则 δ 的调整幅度越大。

相类似，对大额买入而言，有：

$$\delta_1(B_2)=\delta\frac{X_B^2(1-\alpha\mu)}{\alpha\mu(1-\delta)+X_B^2(1-\alpha\mu)}\leqslant\delta$$

$$\text{且}\frac{\partial\delta_1(B_2)}{\partial(\alpha\mu)}<0 \tag{4-25b}$$

根据上述分布，我们知道，对小额交易而言，其买卖报价为：

$$b_1^{1*}=a_1^{1*}=V^*=\delta\underline{V}+(1-\delta)\overline{V} \tag{4-26}$$

对大额交易而言，b_1^{2*} 和 a_1^{2*} 将偏离 V^* 以反映与知情交易者交易的概率：

$$b_1^{2*}=V^*-\frac{\sigma_v^2}{\overline{V}-\underline{V}}\left[\frac{\alpha\mu}{X_S^2(1-\alpha\mu)+\delta\alpha\mu}\right] \tag{4-27a}$$

和

$$a_1^{2*}=V^*+\frac{\sigma_v^2}{\overline{V}-\underline{V}}\left[\frac{\alpha\mu}{X_B^2(1-\alpha\mu)+\alpha\mu(1-\delta)}\right] \tag{4-27b}$$

这里 σ_V^2 是资产真实价值的先验方差。

由于知情交易者的交易目的是最大化其预期收益，因此，出现分离均衡的条件是进行大额交易所获收益超过进行小额交易所获收益，即对知情交易者而言，只有在他们选择进行大额交易时的收益超过进行小额交易的收益，他们才会选择进行大额交易。如果不是这样，那么，知情交易者的最优策略就不是选择进行大额交易，分离均衡也就不能成立。因此，在 $s=L$ 时，卖出 S_2 的盈利应大于卖出 S_1 的

盈利，即：

$$S_2[b_1^{2*}-\underline{V}]\geqslant S_1[b_1^{1*}-\underline{V}] \qquad (4\text{-}28)$$

代入 b_1^{2*}，b_1^{1*}，有：

$$S_2/S_1\geqslant 1+\alpha\mu\delta/X_S^2(1-\alpha\mu) \qquad (4\text{-}29a)$$

相类似，在 $s=H$ 时，必须有：

$$B_2/B_1\geqslant 1+\alpha\mu(1-\delta)/X_B^2(1-\alpha\mu) \qquad (4\text{-}29b)$$

这些条件保证知情交易者进行大额交易所获收益超过进行小额交易所获收益。如果大额交易的数量足够大，或者知情交易的可能性不大，那么市场将实现分离均衡。(4-29a)和(4-29b)两式的左边是大额和小额指令的相对规模，它反映了这样一个事实：对做市商来说，即使在比较差的价格上，交易足够大的数量仍要比在较好的价格上交易很小的数量获利更多。在许多交易活跃的市场上，这种大额交易经常发生，预示着在这些市场上分离均衡可以成立。(4－29a)和(4－29b)两式的右边反映了知情交易对价格的影响。如果做市商知道大多数大额交易是未知情的，那么他只要设定很小的价差就可以实现盈亏平衡，在这种情况下，知情交易者进行大额交易的成本就很低，他通过大额交易所能获得的收益就很高。

因此，Easley-O'Hara 得到了分离均衡时做市商定价策略的结论：

在第一次交易时，做市商的定价规则为：

供给函数 $c_1^{i*}(q)=V^*$ 　　当 $B_1\geqslant q\geqslant 0$

$\qquad\qquad\qquad\quad =a_1^{2*}$ 　　当 $B_2\geqslant q>B_1$

$\qquad\qquad\qquad\quad =\overline{V}$ 　　当 $q>B_2$

当且仅当 $B_2/B_1 \geqslant 1+\alpha\mu(1-\delta)/X_B^2(1-\alpha\mu)$

需求函数为 $d_1^{i*}(q)=V^*$　　当 $S_1 \geqslant q \geqslant 0$

$=b_1^{2*}$　　当 $S_2 \geqslant q > S_1$

$=\underline{V}$　　当 $q > S_2$

当且仅当 $S_2/S_1 \geqslant 1+\alpha\mu\delta/X_S^2(1-\alpha\mu)$。

第二种状态：混合均衡情况。

如果(4-29a)和(4-29b)两式所表示的条件不成立，那么市场上就不存在分离均衡。在混合均衡中，由于知情交易者可以同时交易大额和小额指令，因而大额交易和小额交易都有可能是知情交易，做市商将针对大额和小额交易设定不同的价差，小额交易的价差小于大额交易。

令 $\Psi_1^H(\Psi_1^S)$分别表示知道 $s=H(s=L)$的知情交易者交易小额数量 $B_1(S_1)$的概率，令 $\hat{b}_1^i(\hat{a}_1^i)$，$i=1,2$，是做市商在交易开始时针对小额交易和大额交易设定的买入报价(卖出报价)。在均衡状态下有：

(1)知情交易者在进行大额交易和小额交易间没有差异。即在知情交易者知道 $s=L$ 时，有：

$$S_1[\hat{b}_1^1-\underline{V}]=S_2[\hat{b}_1^2-\underline{V}]$$

(2)对每笔交易做市商的预期盈利为零，即有：

$$\hat{b}_1^1=V^*Pr\{S_1|s=0\}+\underline{V}Pr\{S_1|s=L\}$$

或

$$\hat{b}_1^1=\delta(S_1)\underline{V}+(1-\delta(S_1))\overline{V} \tag{4-30}$$

这里，$Pr\{V=\underline{V}|S_1\}=\delta(S_1)=\delta\dfrac{\alpha\mu\hat{\Psi}_1^S+(1-\alpha\mu)X_S^1}{\delta\alpha\mu\hat{\Psi}_1^S+(1-\alpha\mu)X_S^1}$

相类似有：

$$\hat{b}_1^2=\delta(S_2)\underline{V}+(1-\delta(S_2))\overline{V} \tag{4-31}$$

这里，$Pr\{V=\underline{V}|S_2\}=\hat{\delta}(S_2)=\delta\dfrac{\alpha\mu(1-\hat{\Psi}_1^S)+(1-\alpha\mu)X_S^2}{\delta\alpha\mu(1-\hat{\Psi}_1^S)+(1-\alpha\mu)X_S^2}$

(3)必定存在 $\hat{\Psi}_1^S(0\leqslant\hat{\Psi}_1^S\leqslant1)$，使得同时满足知情交易者的盈利无差异条件和做市商的无盈利条件，因此有：

$$S_2/S_1<1+\alpha\mu\delta X_S^2(1-\alpha\mu)$$

和 (4-32)

$$B_2/B_1<1+\alpha\mu(1-\delta)/X_B^2(1-\alpha\mu)$$

因此，Easley-O'Hara 得到了分离均衡时做市商定价策略的结论：

在第一次交易时，做市商的定价规则为：

供给函数 $\hat{c}_1(q)=\hat{a}_1^1$　　当 $B_1\geqslant q\geqslant0$

$=\hat{a}_1^2$　　当 $B_2\geqslant q>B_1$

$=\overline{V}$　　当 $q>B_2$

当且仅当 $B_2/B_1<1+\alpha\mu(1-\delta)/X_B^2(1-\alpha\mu)$

需求函数为 $\hat{d}_1(q)=\hat{b}_1^1$　　当 $S_1\geqslant q\geqslant0$

$=\hat{b}_1^2$　　当 $S_2\geqslant q>S_1$

$=\underline{V}$　　当 $q>S_2$

当且仅当 $S_2/S_1<1+\alpha\mu\delta/X_S^2(1-\alpha\mu)$。

上述结论表明，依据市场参数的不同，市场要么处于分离均衡中，要么处于混合均衡中，因此，在市场上可能并不存在唯一的价格，不同的交易规模将会导致不同的价格。而且，上述结果也告诉我们，用市场价差来衡量市场的表现可能是错误的，因为价差取决于均衡的性质，因而小额交易的价差不能作为信息不对称程度，或者交易成本的指示器。

4.2.2.3　应用及评价

上述结论说明了决定市场处于分离均衡还是混合均衡

的三个主要条件。首先，如果 $\alpha\mu<1$，那么在能够一次性地成交大宗交易的市场上，分离均衡能够成立。其次，在很少发生大宗交易的市场上（X_B^2 和 X_S^2 很小），混合均衡能够成立。如果有少数未知情交易者愿意进行大宗交易，那么大宗交易的价格会与小额交易有很大区别，因此知情交易者更愿意选择进行小额交易。第三，在知情交易的比例很低的市场上，即 $\alpha\mu$ 很小时，分离均衡将成立。由于知情交易者很少进行交易或信息事件很少发生，因此大宗交易的买卖价格将接近于 V^*，从而知情交易者将选择进行大额交易。因此，决定什么均衡将成立并且在均衡条件下价格是多少的因素将是市场条件。

如果市场处于分离均衡中，$0<\alpha\mu<1$，那么，对大额交易存在买卖报价差，而对小额交易则不存在，即 $a_1^{2*}>a_1^{1*}=V^*=b_1^{1*}>b_1^{2*}$，并且随着市场深度的增加和知情交易概率的下降，$a_1^{2*}$ 增加，b_1^{2*} 减少，但是，市场广度并不影响价格。所谓市场广度，是指大额交易和小额交易的相对大小，即大宗交易规模与小额交易规模的相对大小。

如果市场处于混合均衡中，$0<\alpha\mu<1$，无论是对大额交易还是对小额交易，都存在着价差，即 $\hat{a}_1^2>\hat{a}_1^1>V^*>\hat{b}_1^1>\hat{b}_1^2$，并且市场广度将影响价格：随着市场广度的增加，$\hat{a}_1^2$ 和 $\hat{b}_1^2$ 增加，而 $\hat{a}_1^1$ 和 $\hat{b}_1^1$ 减少。

很明显，无论是在哪种均衡下，如果存在知情交易，那么大额交易的买入价格高于小额交易的买入价格，大额交易的卖出价格将低于小额交易的卖出价格。

关于买卖报价价差，Easley-O'Hara 认为有如下性质：如果 $\alpha\mu=0$，那么无论是对小额交易还是对大额交易，都不存

在价差。如果 $\alpha\mu>0$，那么价差随着交易规模的增加而增加，$(a_1^{2*}-b_1^{2*})>(a_1^{1*}-b_1^{1*})=0$，$(\hat{a}_1^2-\hat{b}_1^2)>(\hat{a}_1^1-\hat{b}_1^1)>0$，并且价差的中点不是 V^*，即买卖报价不是对称的。特别地，在 $1>\alpha\mu>0$ 时，$(a_1^{2*}-b_1^{2*})$ 随着市场深度的增加及 $\alpha\mu$ 的减少而减少，并且随着资产价值的方差的增加而增加。这与 Copeland-Galai[1983]模型得到的结论相一致。

4.2.2.4　大额交易对价格的影响

Easley-O'Hara 进一步分析了大额交易对价格路径的影响，其结论是大额交易对价格有着持续(persistent)影响。为此，Easley-O'Hara 首先将模型扩展至两时期。在两时期模型中，做市商关于资产价值的看法的更新过程为：

$$\begin{aligned}\delta_1(Q_1,Q_2)&=Pr\{V=\underline{V}|Q_1,Q_2\}\\&=1\cdot Pr\{s=L|Q_1,Q_2\}+0\cdot Pr\{s=H|Q_1,Q_2\}+\delta\cdot Pr\{s=0|Q_1,Q_2\}\end{aligned}\tag{4-33}$$

其中时期 2 发生的交易 $Q_2\in[B_1,B_2,S_1,S_2]$。

(4-33)式表明，做市商对资产价值的看法，进而设定的价格取决于时期 1 发生的交易 Q_1。令 $Q_1=S_2$，并且市场处于分离均衡中，则时期 1 的买入价格为 b_1^{2*}。若时期 2 的交易是小额卖出或买入，则有：

$$\begin{aligned}\delta_2(S_2,S_1)&=\delta_2(S_2,B_1)\\&=\delta\frac{\alpha[\mu+(1-\mu)X_S^2](1-\mu)+\delta(1-\alpha)X_S^2}{\alpha\delta[\mu+(1-\mu)X_S^2](1-\mu)+\alpha(1-\delta)(1-\mu)^2X_S^2+(1-\alpha)X_S^2}\end{aligned}\tag{4-34}$$

即时期 1 的大额交易对条件期望值的影响是相同的。

在 $\alpha\mu>0$ 时，又有 $\delta_2(S_2,S_1)>\delta$，因此在时期 2 做市商设定的小额交易的买卖报价为：

$$a_2^{1*}(S_2, B_1) = b_2^{1*}(S_2, S_1)$$
$$= \underline{V}\delta_2(S_2, S_1) + \overline{V}[1 - \delta_2(S_2, S_1)] < V^* \tag{4-35}$$

即,大额交易之后的小额交易不能改变做市商在时期1形成的对资产真实价值的看法(大额买入使得做市商的认为 $Pr\{V = \underline{V}\}$ 比较大),故做市商设定的小额买卖报价都比较低。虽然具体的报价取决于 μ 和 α,但小额买卖报价的价差仍为零。尽管时期2小额交易报价 b_2^{1*} 小于时期1的小额报价 V^*,但 b_1^{2*} 与 b_2^{1*} 的关系却受到 μ 和 α 的影响。

由上面论述可知:

$$b_2^{1*} = \underline{V}\delta_2(S_2, S_1) + \overline{V}[1 - \delta_2(S_2, S_1)] \tag{4-36}$$

$$b_1^{2*} = \underline{V}\delta_1(S_2) + \overline{V}[1 - \delta_1(S_2)] \tag{4-37}$$

在 $\alpha\mu > 0$ 且 $\alpha < 1$ 时,有 $\delta_2(S_2, S_1) < \delta_1(S_2)$,故有 $V^* > b_2^{1*} > b_1^{2*}$,即价格是部分恢复的。若 $\alpha\mu = 0$,则所有的交易没有任何信息,故价格没有变化。若 $\alpha = 1$,即做市商知道信息事件肯定发生,有 $b_2^{1*} = b_1^{2*}$,即价格不会恢复。

在存在关于信息存在性的不确定性时,小额未知情交易,无论是卖出还是买入,都有信息含量,因为它说明没有新的信息存在。如果的确没有新信息,那么市场上就不存在知情交易者,小额交易的概率就会上升。因此,大额交易之后的小额交易会使做市商向下调整其关于新消息存在性的看法,从而引起不同的价格路径。

图4-1描绘了大额交易、大额卖出、小额交易这样一个交易序列的价格路径效应。其中,图4-1(a)表示已知信息存在时的价格路径效应。在大额卖出后,新的小额交易的

价格等于做市商关于资产价值的条件预期，即大额交易价格。此后，价格将一直是较低的，因为做市商确认存在坏消息。以后的小额交易将不足以使做市商改变其看法，除非有新的大额交易发生。图 4-1(b)表示存在关于消息存在性的不确定时的价格路径效应。大额交易将以比较低的价格成交。但是，随后的小额交易将部分地使价格恢复，这是因为小额交易（不管是卖出还是买入）都将导致做市商修正其关于信息存在性的看法（降低信息存在性的概率），从而价格将部分地恢复。这种价格的恢复也与一些学者所得到的关于价格行为的实证研究结果相符。

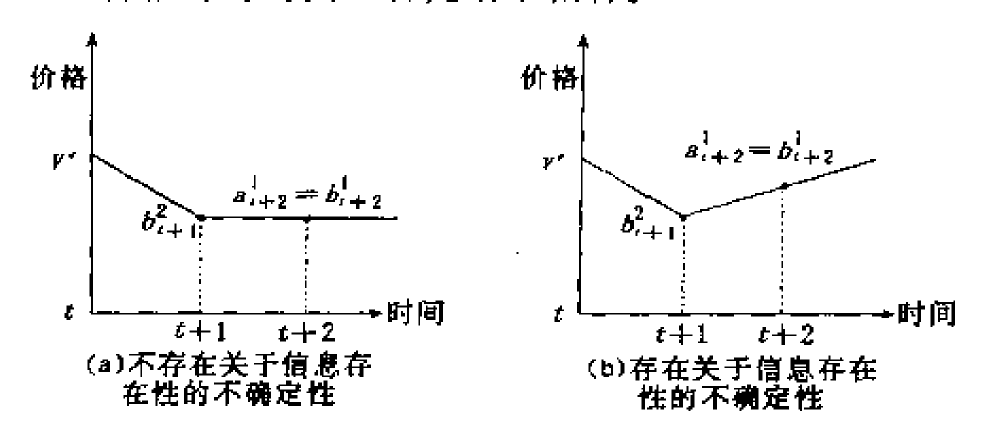


图 4-1　价格的时间路径(大额交易、大额卖出、小额交易)

Easley-O'Hara 关于大额交易对价格的影响的研究表明，做市商在一次交易后修正其看法，继而修正其报价的程度也会因交易规模而变。在他们的模型中，由于存在着关于信息存在性和方向性的双重不确定性，因此，交易规模的不同会引起不同的价格修正程度。

关于消息存在性的不确定性使非对称信息的分析更为复杂，因为交易对价格的影响不仅取决于现在的交易，而且还取决于过去的交易。根据 Easley-O'Hara 的分析，证券

的买卖报价反映了做市商关于资产真实价值的预期，因此，在时期 t 的成交价格 p_t 是做市商的均衡报价。由做市商定价原理可知，时期 t 的价格是做市商根据先验信息及在时期 t 的交易而取得的关于资产价值的条件期值。先验信息为 $\{\{Q_\tau\}_{\tau=1}^{t-1}\}$。令 $I_t=\{\{Q_\tau\}_{\tau=1}^{t-1}\}$ 为做市商在时期 t 的信息，则 $P_t=E[V\mid I_t]$。可以证明，价格随机过程 $\{P_t\}$ 是一个鞅过程。这意味着不能把当前观察到的价格看作是独立于以前的价格序列。由于当前观察值以前的交易序列对价格有影响，因此，考察特定经济事件对价格影响的实证分析（如事件分析）将特别困难。

4.2.3 交易时间性与做市商定价策略

交易时间（trade timing）也是影响做市商定价策略，进而影响市场价格行为的重要因素之一。1992 年，David Easley 和 Maureen O'Hara 在《时间和证券价格调整过程》（*Time and the Process of Securities Price Adjustment*）一文中考察了信息的存在性、交易的时间性以及价格的随机过程之间的关系。他们证明，交易的时间性会影响价格，并且交易间隔会影响价差大小。

在研究做市商定价策略的模型中，无论是在序贯交易模型中，还是在批量交易模型中，时间因素都没有能够引起足够的重视。在 Glosten-Milgrom 的序贯交易模型中，信息事件事先发生，随后交易者依据各自的最优化条件提交买入、卖出指令，做市商设定买卖报价，交易序贯发生。由于决定指令流性质的概率结构中不包括时间参数，因此，交易的时间性本身没有信息含量，从而交易的时间性也不会影

响做市商定价策略，时间性本质上对价格行为不起作用。在后面即将提到的批量交易模型中，所有的交易指令都是由交易者事先提交的，并在同一时刻由做市商匹配，因而交易时间性也不是一个能够影响做市商定价策略的因素。但是，Easley-O'Hara 认为，不能认为时间是外生于价格过程的。这是因为，如果交易的时间性同资产的真实价值相关，那么不发生交易也将向做市商提供一定的信息，因此，无论成交与否都将影响做市商的定价策略。具体地说，成交与否同信息的不同方面相关。成交可以向市场提供关于新信息方向性的信号，而不成交可以向市场提供关于新信息存在性的信号，Easley-O'Hara 模型正式将交易的时间性同新信息的存在性联系起来。在 Glosten-Milgrom 的标准序贯交易模型中，不存在关于信息存在性的不确定因素，而是假设所有信息事件都是交易开始前就发生了，因而交易的时间性不会影响做市商的定价策略。但是，一旦存在关于信息存在性的不确定性，那么成交与否都可以向市场提供信号，因此，交易时间性也有信息成分，从而时间本质上不再外生于价格过程。

Easley-O'Hara 模型同 Glosten-Milgrom 模型相类似，也是一个序贯交易模型。在市场上存在着唯一的风险中性的做市商，但是为了简化起见，假设该做市商的定价策略是竞争性的，在其买卖报价上成交的交易将使其预期收益为零。

假设资产的真实价值用随机变量 V 来表示。当信息事件发生时，产生一个关于 V 的信号 Ψ，该信号有两种取值，即 L 和 H，其概率分别为 $\delta>0$ 和 $(1-\delta)>0$。令出现

信号时资产的条件期望价值分别为 $E[V|\Psi=L]=\underline{V}$ 和 $E[V|\Psi=H]=\overline{V}$。如果没有信息事件发生，那么 $\Psi=0$ 并且资产的期望价值保持在其无条件的期望价值 $V^*=\delta\underline{V}+(1-\delta)\overline{V}$上。依据信息不确定性的假设，我们假设在交易日开始前发生事件的概率为 α，$0<\alpha<1$。

做市商收到的交易指令来自知情交易者和未知情交易者。知情交易者被假设是风险中性的并且没有交易策略，他们只是根据知道的信息来选择交易的种类，从而最大化其效用。在未知情交易者中，Easley-O'Hara 假设一部分未知情交易者是因为消费的时间性和资产组合而导致流动性原因而交易的，而另一部分未知情交易者则是出于价格弹性或特殊的交易规则而交易的。假设所有未知情交易者中有 γ 比例是想卖出的，而有$(1-\gamma)$的比例是想买入的。在时期 t，想买入的未知情交易者（未知情买入者）根据做市商的报价决定买卖，实现买入的概率为 $\varepsilon^B>0$，而想卖出的未知情交易者（未知情卖出者）实现卖出的概率为 $\varepsilon^S>0$。

如果发生信息事件，那么做市商预期知情交易的比例为 μ，$0<\mu<1$。如果没有发生信息事件，那么，做市商所收到的所有交易指令都将来自未知情交易者。假设交易在交易日的离散时间间隔 $t=1,2,\cdots$内发生。每个时间间隔足够短，以至于最多只能发生一次交易。在每个时刻 t，做市商报出其买卖报价，随后从交易者队列中挑选交易者进行交易。被选中的交易者可以按卖出报价买入一个单位的资产，也可以按买入价格卖出一个单位的资产，或者根本不进行交易。

对知情交易者来说，如果他知道信号是 H，并且卖出

报价低于 $\overline{V}$，则他将买入；相反，如果他知道信号是 L，并且买入报价高于 $\underline{V}$，则他将卖出，直到价格等于资产的真实价值。对未知情交易者来说，他可以买入、卖出，也可以不成交，取决于他的交易动机（想买入还是想卖出）。这种交易结构可以在图 4-2 中得到反映。

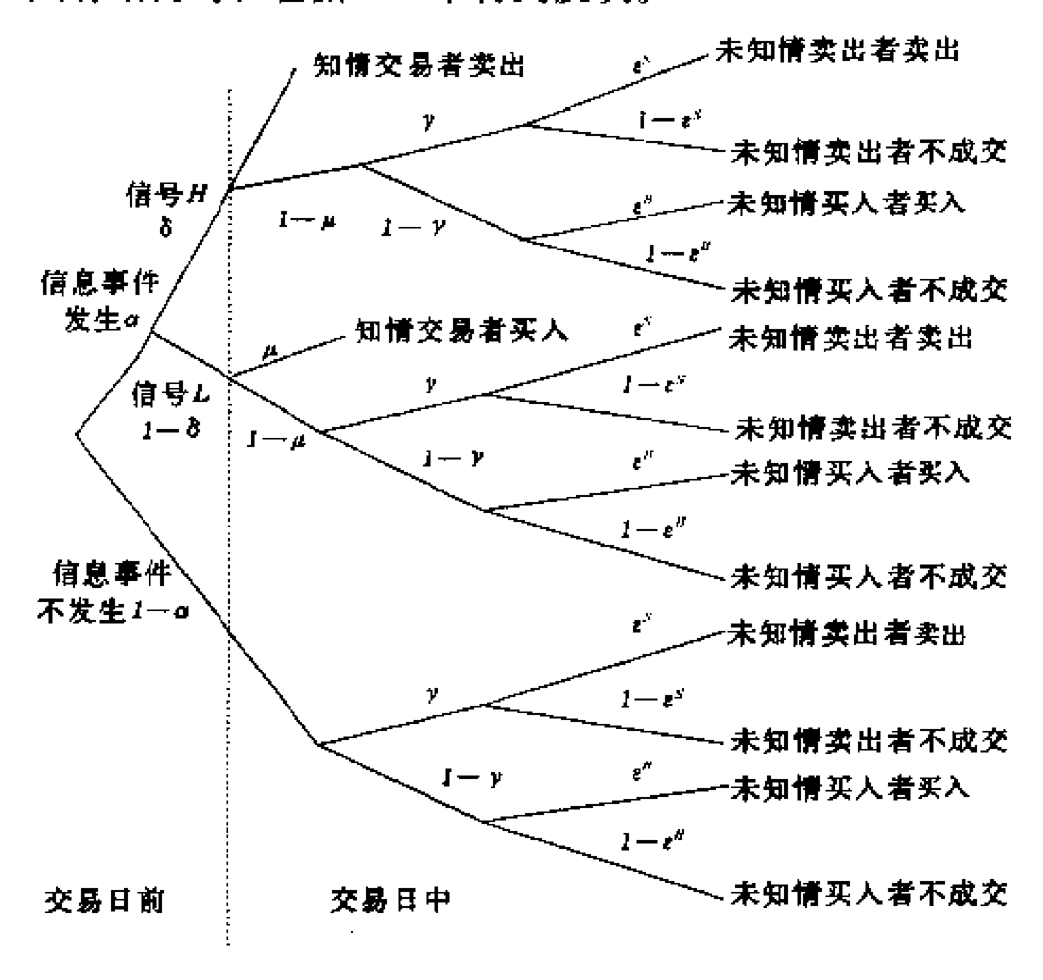


图 4-2 交易过程图

在图 4-2 中，第一个结点表示自然作选择，决定信息事件是否发生。如果信息事件发生，那么第二个结点决定信息的类型（或 L 或 H），随后开始这一天的交易。依据前面的假设，如果发生信息事件，被选中的交易者中有 μ 的比

例是知情交易者，他们肯定会进行交易，或买或卖，取决于信号的类型。被选中的交易者中有$(1-\mu)$的比例是未知情交易者，其中 γ 的比例是想卖出，他们中真正实现卖出的比例为 ε^S，$(1-\gamma)$的比例是想买入，他们中真正实现买入的比例是 ε^B。如果没有发生信息事件，那么，所有的交易者都是未知情的，他们根据各自的交易意愿进行交易。在一次交易后，重新选择交易者进行交易，即又重新开始图中虚线右边的交易过程，直到交易日结束。

很显然，根据这个交易结构，在某些时间间隔内有可能不发生交易。这种情况只有在未知情交易者决定不进行交易时才能发生。但是，无论信息事件是否发生，未知情交易者都有可能不进行交易，因而不能由不发生交易来判断没有信息事件发生。幸运的是，该交易结构告诉我们，在有信息事件发生和没有信息事件发生的情况下，没有发生交易的可能性是不同的：在不发生信息事件时，出现没有成交结果的概率 $\gamma(1-\varepsilon^S)+(1-\gamma)(1-\varepsilon^B)$，而在发生信息事件时，出现没有成交结果的概率为$(1-\mu)[\gamma(1-\varepsilon^S)+(1-\gamma)(1-\varepsilon^B)]$。因此，做市商在看到出现没有成交结果时，更倾向于判断没有信息事件发生。

为更精确地描述交易时间性对做市商定价策略以及价格行为的影响，Easley 和 O'Hara 用贝叶斯学习过程来描述做市商依据交易发生情况调整其报价的过程。首先，做市商根据将要发生的交易的类型来计算资产价值的条件期望值，以此作为该资产的买卖报价，为此需分别决定资产价值等于 $\underline{V}$ 和 $\overline{V}$ 的概率。如果没有信号发生，则这两个概率保持不变，即 $Pr\{V=\underline{V}\}=\delta$，$Pr\{V=\overline{V}\}=1-\delta$；如果有

信号发生，一旦信号是 L，那么 $Pr\{V=\underline{V}\}=1$，$Pr\{V=\overline{V}\}=0$；否则，一旦信号是 H，则 $Pr\{V=\overline{V}\}=1$，$Pr\{V=\underline{V}\}=0$。因此在发生交易时，做市商关于资产价值 $V=\underline{V}$ 的概率 $Pr\{V=\underline{V}\}$ 的更新过程为：

$$\begin{aligned}\delta(Q)&=Pr\{V=\underline{V}\mid Q\}\\&=1\cdot Pr\{\Psi=L\mid Q\}+0\cdot Pr\{\Psi=H\mid Q\}+\delta\cdot Pr\{\Psi=0\mid Q\}\end{aligned} \tag{4-38}$$

这里 Q 表示交易结果，$Q\in[B,S,N]$，分别表示交易者买入、卖出和不进行交易。根据贝叶斯公式，在发生交易 Q 时，信号类型的条件概率为：

$$Pr\{\Psi=X\mid Q\}=\frac{Pr\{\Psi=X\}Pr\{Q\mid\Psi=X\}}{Pr\{\Psi=L\}Pr\{Q\mid\Psi=L\}+Pr\{\Psi=H\}Pr\{Q\mid\Psi=H\}+Pr\{\Psi=0\}Pr\{Q\mid\Psi=0\}} \tag{4-39}$$

这里 $X\in[L,H,0]$。很显然，(4-39)式所表示的概率可以从图 4-2 所示的树型结构中直接推导出来。例如，如果实际发生的交易是交易者卖出，那么由 $Pr\{\Psi=L\}=\alpha\delta$、$Pr\{S\mid\Psi=L\}=(\mu+(1-\mu)\gamma\epsilon^S)$ 及相应的概率 $Pr\{S\mid\Psi=H\}$ 和 $Pr\{S\mid\Psi=0\}$，我们有：

$$Pr\{\Psi=L\mid S\}=\frac{\delta[\alpha\mu+\alpha(1-\mu)\gamma\epsilon^S]}{[\delta\alpha\mu+(1-\alpha\mu)\gamma\epsilon^S]} \tag{4-40}$$

相类似，我们有：

$$Pr\{\Psi=0\mid S\}=\frac{(1-\alpha)\gamma\epsilon^S}{[\delta\alpha\mu+(1-\alpha\mu)\gamma\epsilon^S]} \tag{4-41}$$

$$Pr\{\Psi=H\mid S\}=\frac{(1-\delta)(1-\mu)\alpha\gamma\epsilon^S}{[\delta\alpha\mu+(1-\alpha\mu)\gamma\epsilon^S]} \tag{4-42}$$

因此，根据(4-38)式，给定发生交易者卖出交易时，做市商关于 $Pr\{V=\underline{V}\}$ 的概率 δ 的条件期望值为：

$$\delta_1(S)=\delta\left[\frac{\alpha\mu+\varepsilon^S\gamma(1-\alpha\mu)}{\delta\alpha\mu+\varepsilon^S\gamma(1-\alpha\mu)}\right]>\delta \tag{4-43}$$

(4-43)式表明，在发生交易者卖出交易时，做市商关于 $Pr\{V=\underline{V}\}$ 的看法会增加，增加的幅度取决于 α 和 μ，如果 α 和 μ 中有一个为零，那么 $\delta_1(S)=\delta$。相反，在发生交易者买入交易时，做市商关于 $Pr\{V=\underline{V}\}$ 的看法会下降。

在求出条件概率的情况下，做市商设定的买卖报价分别为：

$$E[V|S]=b_1=Pr\{V=\underline{V}|S_1\}\underline{V}+Pr\{V=\overline{V}|S_1\}\overline{V}$$

$$=\frac{\delta\underline{V}[\alpha\mu+\varepsilon^S\gamma(1-\alpha\mu)]+(1-\delta)\overline{V}\varepsilon^S\gamma(1-\alpha\mu)}{\delta\alpha\mu+\varepsilon^S\gamma(1-\alpha\mu)} \tag{4-44}$$

$$E[V|B]=a_1=Pr\{V=\underline{V}|B_1\}\underline{V}+Pr\{V=\overline{V}|B_1\}\overline{V}$$

$$=\frac{\delta\underline{V}[\varepsilon^B(1-\gamma)(1-\alpha\mu)]+(1-\delta)\overline{V}[\alpha\mu+\varepsilon^B(1-\gamma)(1-\alpha\mu)]}{(1-\delta)\alpha\mu+\varepsilon^B(1-\gamma)(1-\alpha\mu)} \tag{4-45}$$

这些买卖报价与 $V^*=\delta\underline{V}+(1-\delta)\overline{V}$ 之间的差额反映了关于信息存在性的不确定性对做市商买卖报价的影响。[事实上，买入报价也可由公式

$$E[V|S]=b_1=Pr\{\Psi=L|S_1\}\underline{V}+Pr\{\Psi=H|S_1\}\overline{V}+Pr\{\Psi=0|S_1\}V^* \tag{4-46}$$

得出，并且由该公式求买卖报价可以简化下面的一些定理证明。]

依据上述分析框架，我们可以描述市场上价格的动态调整过程，即成交和不成交分别是如何影响做市商的后验概率，进而影响价格变动的。

依据假设，在每一时期 t 有三种可能的结果，即交易者依据做市商的买卖报价买入(B)、卖出(S)或根本不进行

交易(N)，令 $Q \in [B, S, N]$ 表示在时期 t 的交易过程的结果。在进行买卖报价时，做市商可以观察到时期 t 以前的交易序列 $Q^{t-1} = (Q_1, Q_2, \cdots Q_{t-1})$，并从中学习到某些信息。假设在时期 t 开始时，依据贝叶斯公式计算出的条件概率公式分别为：

$$
\begin{aligned}
\rho_{L,t} &= Pr\{\Psi = L | Q^{t-1}\} \\
\rho_{H,t} &= Pr\{\Psi = H | Q^{t-1}\} \\
\rho_{0,t} &= Pr\{\Psi = 0 | Q^{t-1}\}
\end{aligned}
\tag{4-47}
$$

因此，做市商的买入报价是在时期 t 发生交易者卖出时，即 $Q_t = s$ 时关于资产价值的条件期望值，即有：

$$
\begin{aligned}
b_t = Pr\{\Psi = L | Q^{t-1}, \\
S\} \underline{V} + Pr\{\Psi = H | Q^{t-1}, \\
S\} \overline{V} + Pr\{\Psi = 0 | Q^{t-1}, S\} V^*
\end{aligned}
\tag{4-48}
$$

类似地也可以写出卖出报价 a_t 的表达式。因此，考察条件概率的动态变化过程，我们就可以理解买卖报价的变化过程。

已知在不发生信息事件时，不发生交易的概率是 $\gamma(1-\epsilon^S) + (1-\gamma)(1-\epsilon^B)$，而在发生信息事件时，不发生交易的概率是 $(1-\mu)[\gamma(1-\epsilon^S) + (1-\gamma)(1-\epsilon^B)]$，显然后者要小于前者。因此，发生交易与出现信息事件是正相关的。Easley-O'Hara 利用这些性质证明，如果在某一时间间隔内没有交易发生，那么做市商认为没有信息事件发生的概率就会上升。

Easley-O'Hara 证明的第一个性质是：如果在时期 t 没有交易发生，那么没有信息事件发生的概率上升，而发生信息事件的概率会下降，即 $\rho_{0,t+1} > \rho_{0,t}$，$\rho_{L,t+1} > \rho_{L,t}$，

$\rho_{H,t+1} > \rho_{H,t}$。但是发生信息 H 或信息 L 的相对概率是不变的，即有 $\frac{\rho_{L,t}}{\rho_{H,t}} = \frac{\rho_{L,t+1}}{\rho_{H,t+1}}$。这条定理的证明非常简单，将贝叶斯规则运用到信号类型的条件概率的更新上，即(4-39)式，我们有：

$$\rho_{0,t+1} = Pr\{\Psi = 0 \mid Q^{t-1}, N\} =$$

$$\frac{Pr\{\Psi=0 \mid Q^{t-1}\}Pr\{N \mid \Psi=0\}}{Pr\{\Psi=0 \mid Q^{t-1}\}Pr\{N \mid \Psi=0\} - Pr\{\Psi=H \mid Q^{t-1}\}Pr\{N \mid \Psi=H\} + Pr\{\Psi=L \mid Q^{t-1}\}Pr\{N \mid \Psi=L\}}$$

$$= \frac{\rho_{0,t}}{(1-\rho_{0,t})(1-\mu)+\rho_{0,t}} > \rho_{0,t} \tag{4-49a}$$

$$\rho_{L,t+1} = Pr\{\Psi = L \mid Q^{t-1}, N\} = \frac{\rho_{L,t}(1-\mu)}{(1-\rho_{0,t})(1-\mu)+\rho_{0,t}} < \rho_{L,t} \tag{4-49b}$$

$$\rho_{H,t+1} = Pr\{\Psi = H \mid Q^{t-1}, N\} = \frac{\rho_{H,t}(1-\mu)}{(1-\rho_{0,t})(1-\mu)+\rho_{0,t}} < \rho_{H,t} \tag{4-49c}$$

这条定理说明，做市商同样可以从不发生交易中得到信息。但是，不发生交易所传递的信息与发生交易所传递的信息在性质上是不相同。这是因为，不发生交易只能说明信息存在性的概率下降，但是它不能说明，一旦信息存在，那么其方向如何，即好消息和坏消息两者的比例是多少。因此，在观测到不发生交易后，做市商不会改变发生好坏消息的相对概率，但会降低这两者的绝对比例。从做市商买卖报价的变化来看，即使没有发生交易，做市商的买卖报价也会发生变化。由于做市商更加进一步地相信没有信息事件发生，因此，其买卖报价将趋向于 V^*。

Easley-O'Hara 关于交易时间性和买卖报价行为的第二条性质证明，如果在 t 时期没有发生交易，那么在 $t+1$ 时期，如果买入报价小于 V^*，则买入报价上升；相反，如果

买入报价大于 V^*，则买入报价下降。对卖出报价而言同样如此。这条定理的证明十分简单，依据假设，

$$\begin{aligned} b_{t+1} &= E\{V \mid Q^{t+1} = (Q^t, S)\} \\ &= Pr\{\Psi = L \mid Q^t, S\}\underline{V} + Pr\{\Psi = H \mid Q^t, S\}\overline{V} + Pr\{\Psi = 0 \mid Q^t, S\}V^* \end{aligned} \tag{4-50}$$

由(4-49)式可简单地证明此性质。

该性质说明，在没有交易发生时，买卖报价也会发生变动，但变动方向可能会不一致，但总的原则是向 V^* 靠近。这种移动也表明，如果 $a_t > V^* > b_t$，则在 $t+1$ 时期的买卖报价价差将小于 t 时期的买卖报价。买卖报价价差的缩小反映了不发生交易所传递的信息，即在没有交易发生时，做市商认为信息事件发生的概率会下降，进而他与知情交易者交易的概率也会相应下降。

不发生交易对买卖报价及价差的影响同我们在上一节

验概率的变化以决定报价。假定在过去的 t 个交易时间间隔内，做市商观察到 n_t 次不发生交易，β_t 次买入，s_t 次卖出，给定该交易历史记录，t 时期做市商认为没有信息事件发生的后验概率为：

$$
\begin{aligned}
\rho_{0,t} &= Pr\{\Psi = 0 \mid Q^t\} \\
&= (1-\alpha)(\gamma\epsilon^S)^s[(1-\gamma)\epsilon^B]^\beta[(1-\alpha)(\gamma\epsilon^S)^s[(1-\gamma)\epsilon^B]^\beta \\
&\quad + (1-\mu)^n\{\alpha\delta[\mu+(1-\mu)\gamma\epsilon^S]^s[(1-\mu)(1-\gamma)\epsilon^B]^\beta \\
&\quad + \alpha(1-\delta)[(1-\mu)\gamma\epsilon^S]^s\{\mu+(1-\mu)(1-\gamma)\epsilon^B]^\beta\}^{-1} \qquad (4\text{-}51)
\end{aligned}
$$

这里 Q^t 表示 t 时期以前的交易历史，有 $n_t + \beta_t + s_t = t$。运用迭代方法，其他概率 $\rho_{H,t+1}$和 $\rho_{L,t+1}$也可相似地求出。

由于后验概率取决于 n_t、β_t 和 s_t，因此买卖报价也取决于这些变量，特别地，在 $t+1$ 时期，买入报价为：

$$
\begin{aligned}
b_{t+1} &= Pr\{\Psi = L \mid n_t, s_{t+1}, \beta_t\}\underline{V} + Pr\{\Psi = H \mid n_t, s_{t+1}, \beta_t\}\overline{V} \\
&\quad + Pr\{\Psi = 0 \mid n_t, s_{t+1}, \beta_t\}V^* \qquad (4\text{-}52)
\end{aligned}
$$

卖出报价也可以相似地写出。

(4-52)式表明，$t+1$ 时期的买卖报价不仅取决于将要发生的交易（买入或是卖出），而且还取决于过去的买入、卖出和不发生交易的总数。但是，(4-52)式表明，为决定买卖报价，我们只需要知道买入、卖出和不发生交易的总数，而不需要具体的历史过程。

对做市商而言，这个结论有两个重要的意义。第一，在某一时期的报价取决于以往交易时期的具体结果，因此，考察过去的交易结果可以得到信息。其次，由于买入、卖出和不发生交易的总数将影响价格，而依据假定每次交易的数量都是相同的，因此成交的总数量或交易量将影响价格行为。具体地，交易量直接与未发生交易的次数有关，而未发

生交易的次数又与发生信息事件的概率相关。因此，$t+1$ 时期的价格将取决于 t 时期的交易量。

假定在 t 时期发生的交易记录是(n_t, β_t, s_t)，那么，时期 t 为止的交易量是 $v_t=\beta_t+s_t$，做市商的股票存货头寸为 $i_t=s_t-\beta_t$。很明显，(v_t, i_t, t)的信息量是与(n_t, β_t, s_t)相同的，因此，如果知道总的交易量及做市商的存货头寸，那么，做市商就能决定下一时期的买卖报价。

假设做市商只知道存货数量及时间，那么，很容易证明(i_t, t)是(β_t, s_t)的充分统计量，但不是(n_t, β_t, s_t)的充分统计量。如果假设不可能不发生交易，即 $n_t=0$，则 (i_t, t)就是(n_t, β_t, s_t) 的充分统计量，从而可以决定将来的买卖报价价差。在 Glosten-Milgrom 的模型中，由于不可能不发生交易，因此，做市商可以通过考察存货数量变动来决定买卖报价。

此外，Easley-O' Hara 还证明，随机过程(n_t, β_t, s_t)和(v_t, i_t, t)是马尔科夫过程，即(n_{t+1}, β_{t+1}, s_{t+1}) 的分布，或(v_{t+1}, i_{t+1}, $t+1$)的分布依赖于(n_t, β_t, s_t)或(v_t, i_t, t)，但是独立于具体的历史过程。

Easley-O' Hara 还证明，如果假设发生信号 H 和 L 的概率是相同的，并且未知情交易者发生买卖的概率也是相同的，即 $(1-\gamma)\varepsilon^B=\gamma\varepsilon^S$，并且假设自时期 1 开始，做市商认为发生信号 H 和 L 的相对概率是不变的，那么，到时期 t 为止交易量越大，则时期 t 的买卖报价价差越大。

4.3 交易机制与价格行为——序贯交易模型和批量交易模型的比较分析

4.3.1 序贯交易模型的一般特点

序贯交易模型，如 Glosten-Milgrom 模型和 Easley-O'Hara[1987，1992]模型，可以描述价格对信息（包括交易指令类型、交易指令规模和交易时间性等信息）所作的调整，其特点是，它们利用做市商的学习问题来分析价格与信息之间的动态关系。这些模型采用序贯交易框架，分析每笔交易（交易方向、交易数量和交易时间性）对价格行为的影响，而不忽略交易和信息之间的动态联系。这种分析方法使做市商的报价变动过程同成交价格的变动过程相分离，从而有利于考察做市商调整其看法、进而调整其报价的过程。

4.3.2 优缺点分析

4.3.2.1 序贯交易模型的优点

序贯交易模型的最大优点也许就在于它能够描述做市商如何动态地调整其买卖报价，描述买卖价差的变动过程。该模型描述了市场规模大小、大额和小额交易的相对比例等市场参数如何影响做市商的买卖报价和价差的变动，从而描述了非对称信息是如何影响市场价格行为。这些模型也证明，在价格和报价之间存在着重要的区别，因而对运用

市场交易数据进行实证研究具有指导意义。由于不同证券间的交易并不是同时发生的，因而连续报价可以替代成交价格来充当实证研究的对象。

4.3.2.2 序贯交易模型的缺点

首先，序贯交易模型的一个重要的方面在于，它可以证明，价格是最终收敛于完全信息下资产的真实价值。但是，实际的收敛只是在极限情况下取得的，因此，序贯交易模型不能说明价格调整过程的速度。虽然描述做市商学习问题的贝叶斯学习过程能够证明价格最终是以指数级收敛于真实价值的，但是，序贯交易模型不能证明，这种价格调整过程到底需要多长的时间。这个问题之所以重要，原因在于，知道信息是多么快地融入证券价格对我们分析市场效率的性质具有重要意义，它有助于我们分析市场的制度设计特征是提高还是降低市场效率。

其次，序贯交易模型的第二个值得考虑的方面是实际序贯交易过程的机制。无论是在 Easley-O'Hara 模型中，还是在 Glosten-Milgrom 模型中，交易者必须排队并等待交易序贯发生。但是这些模型不考虑交易者具体是如何排队的。一种最简单的情况是交易者是根据总体概率从所有交易者集合中挑选出来的。因此，如果在交易者集合中有 x 百分比的知情交易者，则进行的交易中知情交易的比例也就是百分之 x。该交易者只能交易一个单位资产，并且如果他想再次交易，那么只有再次排队。

但是，O'Hara 认为，这种关于序贯交易机制的假设有两个不足之处。首先，知情交易者应愿意继续交易直到价格已被调整。但是，如果是这样，那么，在一个知情交易者

交易后，做市商将发现在市场的一边等待交易的队列是不变的，这很快将使做市商明白其中的信息，从而迅速调整价格。此外，即使队列中的一部分放弃交易的机会，但知情交易者仍将提交同样的指令，从而使做市商很快明白信息并调整价格。因此，必须对知情交易的密度进行假设，使得只有百分之 x 的交易来自知情交易者。这样，模型既可以考虑价格对信息不确定性的反应，又可回避确定进行交易的实际机制的困难。

其次，假设知情和未知情交易者都愿意继续进行交易这一点也值得考虑。很明显，知情交易者愿意继续进行交易，但被随机挑选出来的未知情交易者在进行交易后未必愿意继续进行交易。如果未知情交易者不愿意进行交易，那么知情交易的概率就会发生变化。因此，最好是假设知情者是被有放回地抽样的，而未知情交易者是被无放回地抽样的，但是这样假设又会使知情交易的比例发生变化。因此，知情交易的比例保持不变只能作为一种假设。

第三，序贯交易模型的另一不足之处是不能用于分析交易者的交易策略。在这些模型中，所有的做市商和交易者都被假设成是相互竞争的。未知情交易者没有内在的交易动机，纯粹是为了流动性而交易。相反，对知情交易者而言，由于他们都是为了最大化预期收益而交易，因此假设他们相互竞争是合理的，这也可以大大简化模型。它排除只有少数有几名知情交易者知道内在信息，并且他们相互串谋隐藏信息以获最大收益的可能性。

但是，序贯交易模型很难分析知情交易者的交易策略问题，这是该分析方法的一大缺憾。首先，由于交易者永远

不可能确知他们的交易机会，因此，即使信息可在很长时间内存在，拖延或隐藏信息也不可能是最优的。其次，在这些模型中，永远不可能计算出信息的收益。由于价格调整路径取决于特定的交易序列并且价格最终将收敛于真实价值，因此，知情交易者的交易收益会受许多随机变量取值的影响。事实上，很难决定知情交易者可以成交几次，更不用说每次交易可以赚到多少利润。

因此，为了分析知情交易者的交易策略，必须舍去序贯交易分析方法，转而采用批量交易分析方法。在批量交易模型中，知情交易者和未知情交易者事前提交指令，因而所有交易会在唯一的价格上出清，从而我们可以计算交易策略的损益情况。

4.3.3 批量交易模型与做市商定价策略的分析

批量交易模型主要用于分析知情和未知情交易者的交易策略。在该模型的框架下，知情和未知情交易者在交易开始前向做市商提交指令，随后做市商设定唯一的价格，使市场出清，而不是像序贯交易模型那样设定不同的买卖报价。

依据批量交易模型的基本框架，拥有私人信息的知情交易者，以及知道知情交易者拥有私人信息的未知情交易者根据各自对做市商定价策略和对手交易策略的推测事先提交买卖指令，因此，做市商的定价策略是知情和未知情交易者交易策略的决定依据。为此，在批量交易模型中，做市商的定价策略都被假设为非常简单。

在 Kyle[1985]关于知情交易者交易策略的分析中，他

假设市场上只存在一名风险中性的做市商，他的作用是集中所有的知情交易者和未知情交易者事先提交的指令并设定唯一的价格出清市场。在他的单时期拍卖模型中，做市商根据已经观察到总的净指令流，将价格设定为发生该总的净指令流时关于资产价值的条件期望值，从而使得做市商的预期收益为零，这样才能保证做市商的预期是正确的，价格才能是有效的。但是与序贯交易模型中关于做市商定价策略的分析不同，在批量交易模型中，做市商定价的依据不是指令的类型(买入和卖出)，而是总的净指令流的数量。特别地，Kyle 假设做市商具有线性定价规则，市场价格是总的净指令流的线性函数。

在多时期交易模型中(序贯拍卖模型或连续拍卖模型)中，在每一个交易时期做市商不仅可以根据观察到本期的净指令流，而且还可以观察到以前的所有指令流，因此，做市商依据本期及以前各期的指令流信息决定本期的市场出清价格。在 Back[1992]对连续时间框架下知情交易者交易策略的分析中，做市商同样被假设为根据观察到的指令流设定市场出清价格。此后的批量交易模型一般都沿用此假设。

在这些模型中，具体的做市商定价策略是由这些模型的均衡状态决定的，这是分析交易者交易策略的理性预期分析框架的特点。在均衡状态下，做市商所采取的定价策略正是交易者提交指令流时关于做市商定价策略的预期，同时该定价策略也恰好出清交易者提交的总指令。从本质上看，在这些批量交易模型中，做市商的作用就像是一个拍卖者，其作用是收集指令流并设定市场出清价格。

此外,Subrahmanyam [1991]的分析考虑了做市商风险厌恶的情况。此时,虽然做市商的定价规则仍是线性的,但是做市商设定价格的原则不再是盈亏平衡并使市场出清,而是使做市商来自做市的预期效用为零,由此来决定做市商的线性定价策略中的具体参数。

在 Admati-Pfleiderer[1989]关于交易者交易策略对证券收益影响的分析中,他们假设做市商在每个交易时期设定的不同的买卖价格,以出清所有买入、卖出指令。他们的假设有点像 Glosten-Milgrom 的序贯交易模型中做市商的定价策略,但是,Admati-Pfleiderer 假设交易不是严格序贯发生的,做市商不是在每一笔交易之后,而是在每一时期之后更新其报价。由于做市商被假设为相互竞争的,因此,他们设定买卖报价的原则是使预期收益为零。但是,Admati-Pfleiderer 并没有详细考察做市商到底是如何更新其报价的。

从整体上看,在批量交易模型中,做市商的定价策略十分简单,往往是简单的线性定价规则,并且由均衡来决定具体的参数。产生这种情况的根本原因在于,在批量交易模型中,做市商的定价策略只不过是为了考虑交易者交易策略而作的假设。



交易者交易策略分析的基本模型

信息模型的序贯交易分析方法运用贝叶斯学习过程这一工具，分析了做市商的定价策略，并考察市场价格行为和信息之间的动态关系。序贯交易分析方法的前提之一是假设所有的知情交易者都是相互竞争的。但是，这个假设不太现实，更常见的情况可能是，由于知情交易者掌握着私人信息，因而他们往往更愿意按照一定的交易策略进行交易，以隐藏其私人信息或推迟其私人信息的披露，以此来实现预期收益最大化。因此，信息模型除了采用序贯分析方法来分析做市商的定价策略，考察市场价格行为和信息之间的动态关系之外，还应该分析知情交易者，甚至未知情交易者的交易策略对市场价格行为的影响，以更完整地描述信息对市场价格行为的影响。

在信息模型中，交易者交易策略分析与做市商定价策略分析的差异，除了在于分析对象的不同外，更重要的在于分析方法的不同。正如前面所述，序贯交易模型的不足之处是不能分析交易者的交易策略行为，这是因为在序贯交易模型中，交易者不可能确定是否存在交易机会，也不可能计算私人信息的收益，因而他们不可能相互串谋隐藏信息

以获取最大利润。因此，为分析交易者的交易策略，必须舍去序贯交易模型，转而采用批量交易模型。

批量交易模型的基本框架是这样的：由于知情交易者拥有私人信息，并且未知情交易者也知道知情交易者拥有私人信息这一事实，因此，他们都根据各自对做市商定价策略以及对方交易策略的推测事先提交买卖指令，所有这些买卖指令都在做市商随后设定的唯一的成交价格上出清。因此，在均衡时，所有交易者的预期必须是正确的，即各交易者、做市商都按被预期地那样进行交易。

就像序贯交易模型以贝叶斯学习过程为分析工具，批量交易模型也有自己的分析工具——理性预期模型。理性预期模型的主要特点之一是，行为主体依据观察到的市场数据所作的有关他人信息的推测将影响行为主体的决策。在批量交易模型中，知情交易者关于做市商定价策略的推测，以及做市商关于知情交易者私人信息及交易策略的推测，将分别决定知情交易者的交易策略和做市商的定价策略，从而决定均衡的性质，甚至决定均衡的存在性。

本章主要介绍分析交易者交易策略的基本模型——理性预期模型，并将它作为知情和未知情交易者交易策略分析的基础。

5.1 理性预期均衡概述

5.1.1 理性预期均衡在交易者交易策略分析中的作用

无论是对单个、多个知情交易者交易策略的分析，还是

对未知情交易者交易策略的分析,批量交易模型实际上都是一种理性预期模型。理性预期模型有利于分析拥有不同信息的交易者之间的交易策略,它的长处在于考察知情交易者的信息如何影响市场价格,并且市场价格随后又如何影响未知情交易者从市场价格中推测出来的信息。知情交易者根据所掌握的私人信息及预期的做市商定价规则提交指令,而未知情交易者虽然不能观察到私人信息,但他们可以从实际发生的成交价格中推测知情交易者所掌握的私人信息,并据此及对做市商定价规则和知情交易者交易策略的预期提交指令。若所有的买卖指令能够平衡,那么,在理性预期模型就存在着均衡。在均衡状态下,不仅市场价格会出清市场,未知情交易者关于知情交易者交易策略和做市商定价规则的预期将被证明是正确的,同样,知情交易者关于做市商定价规则和未知情交易者交易策略的预期也将被证明是正确的。因此,市场价格向未知情交易者揭示了一部分知情交易者所掌握的信息,这是理性预期模型的一个基本结论——价格不仅出清市场,同时也会传递信息。

理性预期模型在知情和未知情交易者交易策略分析中的应用是很明显的。在假设交易者存在交易策略的前提下,对其他交易者交易策略及做市商定价规则的预期必定是影响该交易者交易策略的重要因素。因此,交易者交易策略的分析实际上是理性预期模型的直接运用。分析包含多个拥有不同信息的交易者的理性预期模型的均衡存在性及其性质将有利于我们理解交易者交易策略对均衡价格行为的影响。

5.1.2 理性预期模型(REE)定义

假设存在 T 名交易者，他们的禀赋分别用 $w^i \in R^l+$ 表示，其中 $i=1,2,\cdots,T$，l 是商品种数。令每一名交易者收到的信息为 $s^i \in S^i \subset R^n$，n 是信号的维度，用 $S=S^1 \times S^2 \times \cdots \times S^T$ 表示联合信号的空间。令每一名交易者的效用函数为 $u^i(x^i,s)$，其中 $x^i \in R^l+$ 表示交易者的资产组合。很明显，交易者的效用取决于他的资产组合及观察到的联合信号，因为观察到的联合信号将影响 l 种资产的真实价值，从而影响持有者的效用。

假设均衡价格关系为 $P(s)$，即 $P(s)$ 是联合信号 s 发生时的市场出清价格。给定价格 p，交易者可以推测出 $s \in P^{-1}(p)$，因此，在价格 p 处，交易者的决策问题为：

$$\text{Max } E[u^i(x^i,s)\,|\,s^i, s \in P^{-1}(p)] \tag{5-1}$$

$$s.t.\ p(x^i - w^i) = 0$$

$$i = 1,2,\cdots,T$$

求解该最大化问题，可得交易者对资产的需求函数，用 $D^i(p,s^i,P(\cdot))$ 表示。

如果存在理性预期均衡，那么必定存在价格函数 $P(\cdot)$，使得无论价值信号 $s \in S$ 是什么，总的超额需求都为零。由定义，总的超额需求函数为：

$$Z(p,s,P(\cdot)) = \sum_{i=1}^{T}(D^i(p,s^i,P(\cdot)) - w^i) \tag{5-2}$$

因此，可将理性预期均衡定义为：

理性预期均衡是使得对所有 $s \in S$，有 $Z(p,s,P(\cdot))=0$ 的价格函数 $P(\cdot)$。

该理性预期均衡有两个性质。首先，由于该价格函数

使得超额需求为零，因此，均衡价格函数满足传统的市场出清要求。无论价值信号是什么，该价格函数都将出清市场。其次，知情交易者用以决定他们需求的价格函数必定是市场上实际发生的价格函数。正是从这种意义上说，预期是正确的，交易者的看法是理性的。

考虑一种简单情形：两名交易者交易一种资产，其中一名交易者收到关于资产真实价值的信号 s，s 或高或低，即 $s\in[H,L]$。另一名交易者是未知情交易者，没有收到任何信号。我们用 Edgeworth 盒来描述两名交易者的交易愿望。在图 5-1 中，知情交易者处于右上角，未知情交易者处于左下角，横轴表示禀赋，纵轴表示价格。很显然，两名交

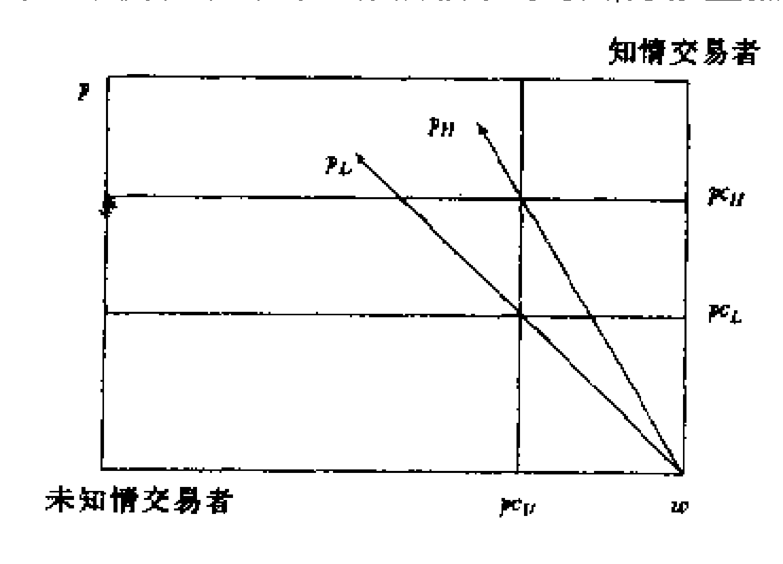


图 5-1　非理性预期均衡情况

易者的价格－消费曲线（pc 曲线）的交点将是均衡点，由图 5-1 可知，由于知情交易者获得关于资产真实价值的信号 s，因而其 pc 曲线是水平的，并且依赖于信号的值，在图中为 pc_H 和 pc_L。pc 曲线是水平的表明知情交易者愿意交易无穷多数量的资产，直到价格回复到资产价值的真实水平。

相反，未知情交易者出于流动性需要而交易，因而其 pc 曲线是垂直的，表明未知情交易者需按照市场价格交易 w^* 数量的资产，在图中为 pc_U。因此，在 $s=L$ 时均衡价格为 p_L，而在 $s=H$ 时，均衡价格为 p_H。

但是，这种均衡状态表明，价格是能传递信息的。在理性预期模型中，未知情交易者将会知道这一点，即如果未知情交易者看到出现价格 p_L，那么就知道 $s=L$，否则，$s=H$。这时，未知情交易者的 pc 曲线也会取决于 s，即 $pc_U(H)$ 和 $pc_U(L)$，使得市场价格分别为 p_L 和 p_H，如图 5-2 所示。显然，p_H 和 p_L 是理性预期均衡，即如果未知情交易者依据价格 p_L 推测 $s=L$，从而提出交易要求，那么交易结果 p_L 将正好出清市场。

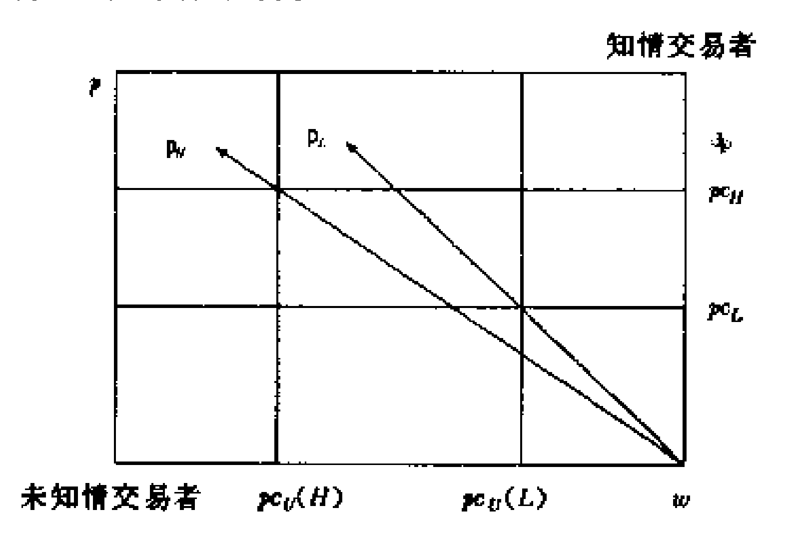


图 5-2 理性预期均衡情况

但是，即使是这样，理性预期均衡仍可能不存在。如果知情交易者和未知情交易者的 pc 曲线如图 5-3 所示，那么未知情交易者将不可能从市场价格中推测出信息，也就不存在能揭示全部信息的理性预期均衡。因此，均衡的存在

性是理性预期模型中最基本的问题。

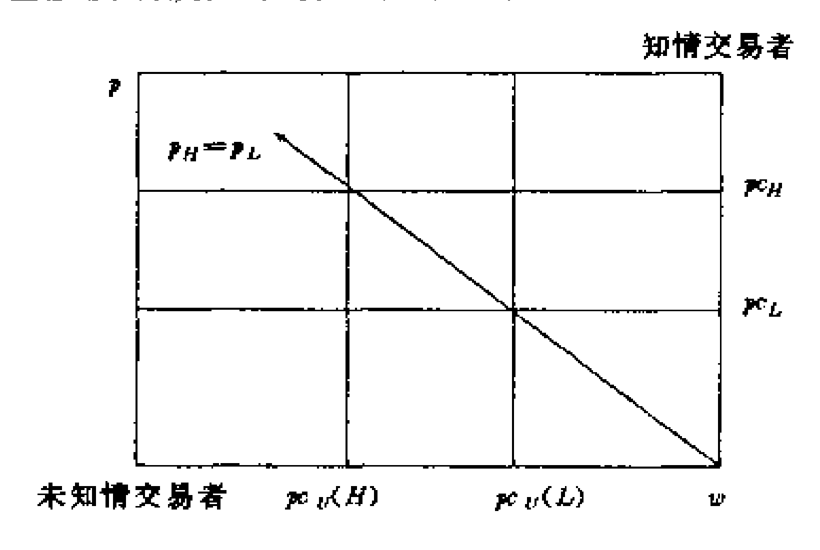


图 5-3　不存在理性预期均衡的情况

5.2　理性预期均衡存在性问题

理性预期模型中均衡的存在性一直是众多学者研究的重点，并且研究的主要对象是信号空间的维度。关于理性预期模型中均衡存在性的大多数研究成果与金融市场微观结构模型有关。这里主要介绍四种结论，它们都提出了关于均衡存在性的条件。

Radner[1979]证明，如果信号集合 s 是确定的，那么，对经济体的生成集而言，理性预期均衡是存在的并且是揭示性的 revealing，但是，他的证明要求信号只能取特定的值（或高或低），并且不能推广到信号服从正态分布的情况。

Allen[1982]证明，如果资产种数（$l-1$）大于 s 的维数，那么对经济体的生成集而言，理性预期均衡是存在的，并且是揭示性的。也就是说，如果相对价格的数目（$l-1$）

大于信号空间的维度，那么理性预期均衡就存在。直观地讲，如果有超过信号数目的价格，那么就会有足够的弹性在出清市场的同时传递信息。

Jordan 和 Radner[1982]证明，如果($l-1$)等于 s 的维数，那么，存在着没有理性预期均衡的经济体的开集。也就是说，在相对价格的数目和信号数目相等时，有可能找到均衡，但并不能保证。这个结论具有比较重要的现实意义，因为在大多数理性预期模型中，资产的种数一般是两种(一种风险资产，一种无风险资产)，同时，信号是 1 维的，因此相对价格的数目($l-1$)等于信号维数。因此，在这种情况下，均衡的存在性是不确定的。

Jordan[1982]证明，即使($l-1$)小于 s 的维数，仍然有存在理性预期均衡的经济体的生成集，并且这些均衡可能接近揭示性的。这种均衡是对传统的理性预期均衡概念的突破，因为在该均衡中价格函数具有一些令人难以置信的性质。

总的来说，这些理性预期模型有两个共同性质。首先，在这些模型中，交易者必须知道做市商的定价规则，但是，交易者如何知道这些定价规则就不得而知了。有人假设这是交易者通过长时间学习得到的信息，从而把理性预期均衡看作是长期的静态结果。但是，对这种学习过程的研究表明，这种学习过程是否会形成理性预期是值得怀疑的。

其次，在理性预期模型中，所有的均衡都被假设成是瓦尔拉斯均衡，均衡价格是由瓦尔拉斯拍卖者设定的，从而避免了确定具体交易机制的困难。但是，这种假设回避了一些问题，其中包括竞争性行为的假设。Blume 和 Easley

[1990]证明，除非符合某些限制性信息条件，否则，没有一种交易机制能够在各种经济下实现理性预期均衡。市场微观结构理论已经证明，市场出清机制对交易者的行为以及市场价格行为有一定的影响作用，但理性预期均衡恰恰忽略了这一点。

关于理性预期均衡存在性的结论表明，理性预期模型难以建立并且难以解释。最常见的情况下是确定具体的交易机制，使之满足均衡存在的条件，然后再求解理性预期均衡。但这种方法的适用性并不广，因为交易机制的变化有可能使均衡发生变化，甚至连均衡的存在性都会变化。

5.3 标准理性预期均衡模型——Grossman-Stiglitz 模型

1980 年，Grossman 和 Stiglitz(G-S)在《论信息有效市场的不可能性》(*On the Impossibility of Informationally Efficient Markets*)一文中建立了后来被广泛采用的用于分析拥有不同信息的交易者交易策略的理性预期模型框架。他们假设只存在两种资产，一种是无风险资产，年收益为 R，另一种是风险资产，年收益用随机变量 u 表示。该随机变量 u 由两部分组成：

$$u=\theta+\epsilon$$

其中，θ、ϵ 是相关独立的正态分布随机变量，$E\theta=0$，$E\epsilon=0$，$Var(u\mid\theta)=Var(\epsilon)=\sigma_\epsilon^2>0$，并且 θ 是可以观察到的，而 ϵ 是不可观测到的。知情交易者观测到 θ，而未知情交易者没有观测到 θ。由于知情交易者观测 θ，因此他

的需求取决于 θ 和风险资产价格 p;相反,未知情交易者不能观测到 θ,因而其需求只取决于 p,但是未知情交易者有理性预期,他们知道收益分布和价格分布之间的关系,并利用这种关系来推测实际收益,以此来确定他们对风险资产的需求。因此,在均衡状态下,给定风险资产的供给 x 以及知情交易者占交易者总数的比例 λ,存在着价格函数 $P_\lambda(\theta, x)$使得来自知情交易者和未知情交易者的需求等于供给。G-S 假设未知情交易者不能观测到 x,因而也不能通过观察 $P_\lambda(\theta, x)$来推测 θ,这是因为他们不能区分价格的波动是来自于知情交易者私人信息的变动,还是来自总供给 x 的变动。显然,价格函数 $P_\lambda(\theta, x)$只能向未知情交易者揭示一部分知情交易者的信息。

设第 i 名交易者的初始禀赋分别为无风险资产 $\overline{M}_i$ 和风险资产 $\overline{X}_i$。因此,交易者的期初预算约束为:

$$W_{0i} = p\overline{X}_i + \overline{M}_i = pX_i + M_i \tag{5-3}$$

在一个时期后,在期初持有(M_i, X_i)的交易者 i 的财富为:

$$W_{1i} = RM_i + uX_i \tag{5-4}$$

假设该交易者具有指数形式的效用函数:

$$U(W_{1i}) = -e^{-aW_{1i}}, a>0 \tag{5-5}$$

其中 a 是绝对风险厌恶系数。据此我们可以分析知情交易者和未知情交易者的对风险资产的需求函数。

对知情交易者而言,由于他具有信息 θ,因此,在给定资产组合(M_i, X_i)情况下,w_{1i}是 ε 的线性函数,因而 w_{1i} 也服从正态分布,因此,有知情交易者的期望效用:

$$E[U(W_{1i})|\theta] = -\exp\left(-a\{E[W_{1i}|\theta] - \frac{a}{2}Var[W_{1i}|\theta]\}\right)$$

$$= -\exp\left(-a\left[RW_{0i} + X_I\{E(u|\theta) - Rp\} - \frac{a}{2}X_I^2 Var(u,\theta)\right]\right)$$

$$= -\exp\left(-a\left[RW_{0i} + X_I(\theta - Rp) - \frac{a}{2}X_I^2\sigma_\epsilon^2\right]\right) \qquad (5\text{-}6)$$

其中，X_I 是知情交易者对风险资产的需求，由：

$$\underset{X_I}{Max}\ E[U(W_{1i})|\theta]$$

可得：

$$X_I(p,\theta) = \frac{\theta - Rp}{a\sigma_\epsilon^2} \qquad (5\text{-}7)$$

也就是说，知情交易者对风险资产的需求不取决于初始的财富 W_{0i}。

相类似，我们也可以求出未知情交易者的需求函数。假设存在特定价格函数 $P_\lambda(\theta,x)$，使得 u 和 p 是联合正态分布，因此有未知情交易者的期望效用：

$$E[U(W_{1i})|p] = -\exp\left(-a\{E[W_{1i}|p] - \frac{a}{2}Var[W_{1i}|p]\}\right)$$

$$= -\exp\left(-a\left[RW_{0i} + X_U\{E(u|p) - Rp\} - \frac{a}{2}X_U^2 Var(u|p)\right]\right)$$

$$(5\text{-}8)$$

其中，X_U 是未知情交易者对风险资产的需求，由：

$$\underset{X_U}{Max}\ E[U(W_{1i})p]$$

可得：

$$X_U(p,P) = \frac{E[u|P_\lambda(\theta,x) = p] - Rp}{aVar[u|P_\lambda(\theta,x) = p]} \qquad (5\text{-}9)$$

在均衡状态下，风险资产的供求应平衡，即：

$$\lambda X_I(P_\lambda(\theta,x),\theta) + (1-\lambda)X_u(P_\lambda(\theta,x),P_\lambda) = x \qquad (5\text{-}10)$$

x 是平均的风险资产的供给，它等于总的风险资产供给除以总的交易者数目。

定义：

$$w_\lambda(\theta, x) = \theta - \frac{a\sigma_\varepsilon^2}{\lambda}(x - Ex), \lambda > 0 \tag{5-11}$$

$$w_0(\theta, x) = x, \forall(\theta, x) \tag{5-12}$$

G-S 证明，在 θ, ε, x 相互独立的情况下，存在着线性价格函数：

$$P_\lambda(\theta, x) = \alpha_1 + \alpha_2 w_\lambda(\theta, x), \alpha_1, \alpha_2 \in R, \alpha_2 > 0 \tag{5-13}$$

使得(5-10)式成立。其中，当 $\lambda = 0$ 时，

$$P_0(\theta, x) = \frac{E\theta - ax\sigma_u^2}{R} \tag{5-14}$$

当 $0 < \lambda \leqslant 1$ 时，

$$P_\lambda(\theta, x) = \frac{\dfrac{\lambda w_\lambda}{a\sigma_\varepsilon^2} + \dfrac{(1-\lambda)E[u \mid w_\lambda]}{aVar[u \mid w_\lambda]} - Ex}{R\left[\dfrac{\lambda}{a\sigma_\varepsilon^2} + \dfrac{(1-\lambda)}{aVar[u \mid w_\lambda]}\right]} \tag{5-15}$$

该均衡价格函数具有一些特殊的性质。由(5-13)式可知，P_λ 的信息和 $w_\lambda(\theta, x)$是一致的，而 $w_\lambda(\theta, x)$是 θ 的无偏估计，即有：

$$E[w_\lambda \mid \theta] = \theta$$

$$Var[w_\lambda \mid \theta] = \frac{a^2\alpha_\varepsilon^4}{\lambda^2} Varx \tag{5-16}$$

而 θ 正是知情交易者所拥有的私人信息，也是未知情交易者想要拥有的信息，但是来自 x 的噪声 $Varx$ 阻止 w_λ 直接揭示 θ。由(5-16)式可知，未知情交易者通过观察 P_λ(也就是 w_λ)可以多大程度上推测 θ 取决于 $Var[w_\lambda \mid \theta]$，若 $Var[w_\lambda \mid \theta]$等于零，那么，$w_\lambda$ 和 θ 完全相关，也就是说，在未知情交易者观察到 w_λ 时，就等同于观测到 θ。相反，在 $Var[w_\lambda \mid \theta]$很大时，给定 θ 时 w_λ 会有许多不同的实现值，因而，在给定 w_λ 的一个观测值时，未知情交易者很难判断

θ 究竟取什么值。

由(5-16)式可知，噪声越大，即 $Varx$ 越大，则定价规则越不准确。系数 $a^2\sigma_\varepsilon^4/\lambda^2$ 也决定了定价规则的准确性。a 越小(风险厌恶程度越小)，或 σ_ε^2 越小(信息越准确)，那么知情交易者的总需求对 θ 的变化越敏感，并且 λ 越大，知情交易者的总需求对 θ 变化越敏感。因此，$a^2\sigma_\varepsilon^4/\lambda^2$ 越小，说明知情交易者的总需求对 θ 变化越敏感，在噪声 $Varx$ 相同的情况下，θ 变化所引起的知情交易者总需求变化越大，从而 θ 变化所引起的价格变化也越大。也就是说，相对 θ 而言，x 在决定价格变化中的重要性越低。因此，$a^2\sigma_\varepsilon^4/\lambda^2$ 越小，知情交易者越能确信价格是多少，通常是 θ 越高，价格就越高。

O'Hara 提出了一个简化了的两个交易者的理性预期分析框架，它是 Grossman-Stiglitz 模型的直接运用。但是，与 G-S 模型不同，O'Hara 假设无风险资产的收益为零，而风险资产的未来价值直接用随机变量 v 表示，$v \sim N(\Psi, 1/\rho_v)$。知情交易者收到关于资产真实价值的信号 s，$s \sim N(v, 1/\rho_s)$。每位交易者的初始财富为$(\overline{M}_i, \overline{X}_i)$，$i=1,2$，其中 $\overline{X}_i \sim N(0, 1/\rho_x)$，随机总禀赋为 $X = \overline{X}_1 + \overline{X}_2$。假设交易者的绝对风险厌恶系数为 1，故有 $U(w_i) = -\exp(-w_i)$。同 G-S 模型一样，O'Hara 假设未知情交易者推测做市商的定价规则是如下的线性函数：

$$p = \alpha\Psi + \beta s - \gamma X \tag{5-17}$$

对知情交易者而言，有期初预算约束：

$$W_{01} = p\overline{X}_1 + \overline{M}_1 = pX_1 + M_1 \tag{5-18}$$

在一个时期后，知情交易者的财富为：

$$W_{1I} = M_I + vX_I \quad (5\text{-}19)$$

由于知情交易者具有信息 s，因此，在给定资产组合（M_I，X_I）情况下，w_{1I}是 v 的线性函数，因而 w_{1I}也服从正态分布，因此，有知情交易者的期望效用：

$$E[U(W_{1I})|s] = -\exp\left(-E[W_{1I}|s] + \frac{1}{2}Var[W_{1I}|s]\right)$$
$$= -\exp\left(-W_{0I} - X_I\{E(v|s) - p\} + \frac{1}{2}X_I^2 Var(v|s)\right) \quad (5\text{-}20)$$

其中，X_I 是知情交易者对风险资产的需求。由：

$$\underset{X_I}{\text{Max}}\ E[U(W_{1I})|s]$$

可得：

$$X_I = \frac{E[v|s] - p}{Var[v|s]} \quad (5\text{-}21)$$

相类似，我们也可以求出未知情交易者的需求函数为：

$$X_U = \frac{E[v|p,P] - p}{Var[v|p,P]} \quad (5\text{-}22)$$

由连续分布情况下贝叶斯学习过程可知，在给定信号 s 的情况下，知情交易者关于资产真实价值 v 的后验分布为：

$$N\left(\frac{\rho_v\Psi + \rho_s s}{\rho_v + \rho_s}, \frac{1}{\rho_v + \rho_s}\right) \quad (5\text{-}23)$$

为取得未知情交易者关于资产真实价值 v 的后验分布，考察其用观察到的价格更新关于 v 的先验看法的过程。由(5-17)式，可知：

$$(p - \alpha\Psi)/\beta = s - (\gamma/\beta)X \equiv \theta \quad (5\text{-}24)$$

θ 服从分布 $N(v, 1/\rho_s + (\gamma/\beta)^2(2/\rho_x))$。定义：

$$1/\rho_s + (\gamma/\beta)^2(2/\rho_x) \triangleq 1/\rho_\theta$$

因此,在给定市场价格 p 的情况下,未知情交易者关于资产真实价值 v 的后验分布为:

$$N\left(\frac{\rho_v\Psi+\rho_\theta\theta}{\rho_v+\rho_\theta},\frac{1}{\rho_v+\rho_\theta}\right) \tag{5-25}$$

将(5-21)式和(5-22)式代入,有知情交易者需求:

$$D^I=\rho_v\Psi+\rho_s S-p(\rho_v+\rho_s) \tag{5-26}$$

未知情交易者的需求:

$$D^U=\rho_v\Psi+\rho_\theta\theta-p(\rho_v+\rho_\theta) \tag{5-27}$$

在均衡状态下,均衡价格使得供给等于需求,即:

$$D^I+D^U=X \tag{5-28}$$

故有:

$$p=\frac{2\rho_v\Psi+s[\rho_\theta+\rho_s]-X[1+(\gamma/\beta)\rho_\theta]}{2\rho_v+\rho_s+\rho_\theta} \tag{5-29}$$

也就是:

$$p=\alpha\Psi+\beta s-\gamma X$$

其中,

$$\begin{aligned}\alpha&=\frac{2\rho_v}{2\rho_v+\rho_s+\rho_\theta}\\ \beta&=\frac{\rho_s+\rho_\theta}{2\rho_v+\rho_s+\rho_\theta}\\ \gamma&=\frac{1+(\gamma/\beta)\rho_\theta}{2\rho_v+\rho_s+\rho_\theta}\\ \rho_\theta&=(1/\rho_s+(\gamma/\beta)^2(2/\rho_x))^{-1}\end{aligned} \tag{5-30}$$

在该模型的均衡中,未知情交易者所推测的定价规则就是实际采用的定价规则,推测的均衡价格就是实际出现的均衡价格,交易者的预期是正确的。

6 交易者交易策略分析

本章主要分析交易者的交易策略。交易者的具体交易策略主要包括两个方面:交易时间的选择和交易规模的决定。依据交易者所掌握的信息的不同,大致可以把交易者分为知情交易者和未知情交易者两类,他们的交易策略都以他们所掌握的不同信息为基础——知情交易者拥有不为他人所知的私人信息,而未知情交易者拥有市场上的公开信息,同时知道市场上存在着一部分知情交易者。相应地,交易者交易策略的分析也包括两个方面,即知情交易者交易策略的分析和未知情交易者交易策略的分析。在知情交易者交易策略的分析中,主要内容是单个、多个知情交易者如何利用交易策略使其来自私人信息的收益最大化,以及这种信息的策略性运用对价格行为的影响,而未知情交易者交易策略的分析主要考虑了未知情交易者的交易策略问题及其对证券价格行为的影响。

6.1 单个知情交易者的交易策略分析

在序贯交易模型中，知情交易者会在每个交易机会上提交相同数量的买卖指令直到价格最终调整到金融资产的真实的、反映全部信息的水平上。但是，这种情况只在有多个知情交易者的环境下才会发生。如果市场上只有一个知情交易者，那么该知情交易者会尽量地利用其垄断地拥有信息这一有利地位来获取最大利益。更具体地说，他可以通过选择交易规模和交易密度(单位时间内交易次数)来调节其交易对证券价格变动的影响，从而隐藏其拥有的私人信息不为其他人知晓。因此，知情交易者必须拥有对做市商定价策略、未知情交易者可能交易策略的预期，并据此来决定其最优交易策略。

Kyle[1984，1985]考察了知情交易者的行为策略。他于1984年发表的文章分析了期货市场上 N 个投机者(知情交易者)和 M 个做市商的情况。Kyle于1985年提出的模型比较简单，他假定只存在一名风险中性的知情交易者、一名风险中性的做市商及多名未知情的流动性交易者。知情交易者和未知情交易者向做市商提交指令，做市商集中所有的指令并设定唯一的价格出清市场。因此，与序贯交易模型不同，Kyle的目的不是要分析买卖报价价差，也不是要分析每一笔交易的成交价格，而是要分析知情交易者是如何选择交易策略以使其利用私人信息所获得的收益最大化。该模型说明，在唯一的知情交易者策略性地利用信

息时,信息是如何反映到价格中的。

在 Kyle[1985]的模型中,资产的事后清算价值用随机变量 v 表示,$v \sim N(p_0, \Sigma_0)$,而唯一的知情交易者收到有关 v 的信息。Kyle 首先考察了单时期交易模型,在该模型中知情交易者与未知情交易者只能进行一次交易,他们同时提交各自的最优指令,做市商据此设定市场出清价格。因

令，因此，Kyle 假设所有未知情交易者提交的交易数量 u 服从正态分布 $N(0, \sigma_u^2)$，并且随机变量 u 独立于资产价值 v 的分布。知情交易者知道 u 的分布并利用它来隐藏其知情交易，但是知情交易者只知道 u 的分布而不知道 u 具体是多少。因此，在提交指令时，知情交易者并不能知道未知情交易数量到底是多少。

6.1.1.2　均衡及其性质

Kyle 模型假设交易过程主要包括两个步骤。首先，先由“自然”外生地决定资产的真实价值 v 和未知情交易者的指令流 u，随后知情交易者选择其交易数量 x。其次，做市商依据观察到的总的指令流 $(x+u)$ 来设定唯一的价格 p 出清市场。很显然，在均衡时，知情交易者的盈利为 $\pi=(v-p)x$。

首先我们来分析做市商的行为策略(确切地说是定价策略)。做市商是根据已观察到的指令流 $(x+u)$ 来决定价格，因此，只有将价格设定为发生该总的交易量时关于资产价值的条件期望值，才能保证做市商的预期是正确的，价格才是有效的。虽然这看上去有点类似于序贯交易模型中做市商设定买卖报价的过程，但是，在这里做市商定价的依据不是交易的类型(买入还是卖出)，而是总的交易量。由于做市商竞争性地进行交易，因此其预期收益将为零。

令函数 $p=P(x+u)$ 代表做市商的定价策略。因此，均衡时有：

$$P(x+u)=E[v \mid x+u] \tag{6-1}$$

其中知情交易者的交易策略，即指令提交策略 $X(\cdot)$ 取决于他所知道的(6-1)式所表示的做市商定价规则以及关于未知情交易者指令流分布的参数。因此，知情交易者的交

易策略必须满足

$$E[\pi(X(\cdot),P)\mid v=\tilde{v}]>E[\pi(X'(\cdot),P)\mid v=\tilde{v}] \quad (6\text{-}2)$$

即对每一个知情交易者采用交易策略 $X(\cdot)$ 的预期盈利要大于其他的所有交易策略 $X'(\cdot)$。

知情交易者的交易策略意味着他已考察了他的交易对做市商的定价策略进而对均衡价格的影响。为利用对信息的垄断来获取最大的盈利，知情交易者不会提交马上揭示信息的指令，因而价格不会马上调整到资产的真实价值，从而知情交易者会取得盈利。

Kyle 证明，如果做市商的定价策略和知情交易者的交易策略是线性函数，那么在该模型中存在着唯一的均衡，并且在均衡状态下，做市商的定价策略和知情交易者的交易策略分别由(6-3)式、(6-4)式给出：

$$P(x+u)=p_0+\lambda(x+u) \quad (6\text{-}3)$$

和

$$X(v)=\beta(v-p_0) \quad (6\text{-}4)$$

其中，$\lambda=\frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{-\frac{1}{2}}$，$\beta=\left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{\frac{1}{2}}$，$\sigma_u^2$ 表示未知情交易指令流方差，Σ_0 表示资产真实价值的方差。

运用正态分布随机变量的条件分布定理可以证明上述结论。假设在均衡状态下函数 X 和 P 都是简单的线性函数，即有：

$$X(v)=\alpha+\beta v \quad (6\text{-}5)$$

$$P(x+u)=\gamma+\lambda(x+u) \quad (6\text{-}6)$$

给定该线性定价规则，则在资产价值 $v=\tilde{v}$ 时，知情交易者的预期盈利可以写成：

$$\tilde{\pi} = E\{[v - P(x+u)]x \mid v = \tilde{v}\}$$
$$= E\{[\tilde{v} - \gamma - \lambda(x+u)]x\} = (\tilde{v} - \gamma - \lambda x)x$$

求解使该二次函数取极大值的条件，有：

$$\tilde{v} - \gamma - 2\lambda x = 0$$

$$x = \frac{1}{2\lambda}\tilde{v} - \frac{1}{2\lambda}\gamma$$

对比(6-5)式有：

$$\beta = \frac{1}{2\lambda}, \alpha = -\gamma\beta \qquad (6\text{-}7)$$

再考虑做市商的定价规则。假设有随机变量 θ, $\theta = \begin{pmatrix} v \\ x+u \end{pmatrix}$，则有 θ 的均值 $E\theta = \begin{pmatrix} Ev \\ E(x+u) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_0 \\ Ex \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_0 \\ \alpha + \beta p_0 \end{pmatrix}$，$\theta$ 的方差 $\Sigma = \begin{bmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma_0 & \beta_0 \\ \beta\Sigma_0 & \sigma_u^2 + \beta^2\Sigma_0 \end{bmatrix}$

依据正态分布随机变量的条件分布定理，有：

$$P(x+u) = E[v \mid x+u] = Ev + \Sigma_{12}\Sigma_{22}^{-1}(x + u - \alpha - \beta p_0)$$
$$= p_0 + \frac{\beta\Sigma_0}{\sigma_u^2 + \beta^2\Sigma_0}[(x+u) - (\alpha + \beta p_0)] \qquad (6\text{-}8)$$

对比(6-8)式和(6-6)式，有：

$$\lambda = \frac{\beta\Sigma_0}{\sigma_u^2 + \beta^2\Sigma_0}, \gamma = p_0 + \frac{\beta\Sigma_0}{\sigma_u^2 + \beta^2\Sigma_0}(\alpha + \beta p_0) \qquad (6\text{-}9)$$

解(6-7)式和(6-9)式的联立方程组，有：

$$\gamma = p_0$$
$$\alpha = -\beta p_0$$
$$\lambda = \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{-\frac{1}{2}} \qquad (6\text{-}10)$$
$$\beta = \left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{\frac{1}{2}}$$

该均衡有两个重要的性质。首先，知情交易者的最优指令数量同时取决于未知情交易者的指令流方差 σ_u^2 和信号的方差 Σ_0。知情交易者的最优指令数量取决于未知情交易者的指令流方差 σ_u^2 很容易理解，这是因为知情交易者不知道未知情交易者提交的确切的指令数量，因此他不得不利用未知情交易者的指令数量的已知方差来隐藏其指令，以免被做市商发现，从而使得知情交易者的预期收益也取决于未知情交易者的指令数量方差。很明显，未知情交易者的指令数量的方差越大，则知情交易者越容易隐藏他的指令，从而他的盈利越大。

相对而言，知情交易者的最优交易数量也取决于信号的方差 Σ_0 就比较难以理解。做市商收到的指令流是由知情和未知情交易两部分组成的。变量 λ 反映了做市商需多大幅度的调整价格以反映交易数量所包含的信息，$1/\lambda$ 被 Kyle 称为"市场深度"(depth of market)，它反映了指令流对市场价格的影响程度，也就是使市场价格变动一个单位所需要的交易量大小。由(6-10)式可知，市场深度 $1/\lambda$ 取决于噪声交易的数量与知情交易者所拥有的私人信息量的比例，即 σ_u 与 Σ_0 之间的关系。资产真实价值的方差越小，在收到相同的指令流数量$(x+u)$的情况下做市商所作的价格调整越小，因而知情交易者愿意提交更大的数量以使其盈利最大化；反之，资产真实价值的方差越大，在收到相同的指令流$(x+u)$的情况下做市商所作的价格调整越大，那么知情交易者就不敢提交很大的数量以使其盈利最大化。

O'Hara 运用贝叶斯学习过程来说明做市商及知情交

易者的决策问题是如何导致均衡的。依据(6-11)式,我们可以把做市商的定价策略看作是他所面临的贝叶斯学习问题,即在给定指定流数量$(x+u)$的情况下如何决定市场出清价格。根据信息模型的序贯交易分析方法,做市商从他所观察到的指令流中推测有关信息,并以此决定价格。假设在交易开始前,做市商有关资产真实价值的先验看法,即$v \sim N(p_0, \Sigma_0)$。随后做市商观察到指令流数量$(x+u)$,它由知情交易者指令和未知情交易者指令两部分组成,其中未知情交易者指令$u \sim N(0, \sigma_u^2)$,而知情交易指令取决于知情交易者已掌握的信息。

假设做市商认为知情交易者将采用线性交易策略,即$X(v)=\beta(v-p_0)$,则在资产的真实价值$v=\tilde{v}$的情况下,做市商观察到总的指令数量为:

$$\theta = x + u = \beta(\tilde{v} - p_0) + u$$

即:

$$\theta/\beta + p_0 = \tilde{v} + u/\beta \tag{6-11}$$

令(6-11)式右边为Z,则有:

$$Z \equiv \theta/\beta + p_0 = \tilde{v} + u/\beta$$

注意到Z服从正态分布$N\left(\tilde{v}, \frac{\sigma_u^2}{\beta^2}\right)$。显然,$Z$是已观察到指令流的一个变换,并且它的均值等于资产的真实价值。

在给定Z的情况下,做市商修正他对资产真实价值v的看法并相应改变市场出清价格,新的价格是做市商对资产价值的后验看法。运用连续分布随机变量的贝叶斯更新规则[见(4-21)式],可知后验均值为:

$$p_1 = \frac{p_0/\Sigma_0 + Z(\beta^2/\sigma_u^2)}{1/\Sigma_0 + \beta^2/\sigma_u^2} \tag{6-12}$$

并且方差为：

$$\Sigma_1 = (1/\Sigma_0 + \beta^2/\sigma_u^2)^{-1} \tag{6-13}$$

由(6-10)式可知，$\beta = \left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{\frac{1}{2}}$，代入(6-12)有：

$$p_1 = \frac{p_0/\Sigma_0 + Z(1/\Sigma_0)}{1/\Sigma_0 + 1/\Sigma_0} = \frac{1}{2}(p_0 + Z)$$

$$= \frac{1}{2}(2p_0 + \theta/\beta) \tag{6-14}$$

由 $\theta = x + u$，可得：

$$p_1 = p_0 + \frac{x+u}{2\beta} = p_0 + \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{-\frac{1}{2}}(x+u)$$

$$= p_0 + \lambda(x+u) \tag{6-15}$$

因此做市商设定的价格是线性于指令流数量$(x+u)$的。

由于知情交易者知道做市商确定的价格将线性于交易数量这一点，因此，由 $\pi = (v - p)x$ 可知，知情交易者的盈利是交易数量的二次函数。求解使该盈利的期望值最大的条件可知，知情交易者的交易数量是资产真实价值的线性函数，即 $X(v) = \alpha + \beta v$。

Kyle 模型的这种线性函数关系是十分重要的，它使得知情交易者不会提交复杂的混合策略，也不会提交同资产真实价值非线性相关的交易数量，从而大大简化了均衡的性质。而在给定知情交易者的交易数量的线性关系后，做市商也知道总的指令流数量和资产的真实价值之间的关系，因此，做市商将关于资产价值的条件期望值设定为市场价格，从而使得市场价格线性于交易数量。

Kyle 模型均衡结果的第二个性质是，借助这种市场价格与交易量之间的线性关系，我们可以分析知情交易者交

易策略的特点：在给定预期的未知情交易数量后，知情交易者将选择其指令数量以使得他的相对交易份额保持不变。如果未知情交易数量增加一倍，那么，知情交易者也将使其交易数量增加一倍。这是因为，未知情交易者的交易数量被假设服从 $N(0, \sigma_u^2)$，如果交易数量翻番，那么，σ_u^2 将翻两番。由于知情交易者的交易数量为：

$$x = \left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{\frac{1}{2}}(v - p_0)$$

因此，知情交易者的交易数量将翻番。

相应地，知情交易者的预期盈利为：

$$\begin{aligned}\bar{\pi} &= E\{[v - P(x+u)]x\} \\ &= E\{[v - p_0 - \lambda(x+u)]x\} \\ &= E[(v - p_0 - \lambda x)x]\end{aligned}$$

将 $x = \left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{\frac{1}{2}}(v - p_0)$ 代入，有：

$$\bar{\pi} = \frac{1}{2}(\Sigma_0\sigma_u^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{\Sigma_0}{4\lambda} = \frac{\Sigma_0}{4}\frac{1}{\lambda} \tag{6-16}$$

因此，如果未知情交易者的指令数量增加一倍，那么知情交易者的预期盈利也将增加一倍。同时，(6-16)式也表明，知情交易者的最大盈利是与市场深度成正比的，市场深度越大，则知情交易者的交易数量对价格的影响就越小，从而其盈利就可以增加。

根据(6-15)式，做市商设定的价格可以写成：

$$p_1 = p_0 + \frac{1}{2\left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{\frac{1}{2}}}\left[\left(\frac{\sigma_u^2}{\Sigma_0}\right)^{\frac{1}{2}}(v - p_0) + u\right] \tag{6-17}$$

因此，如果知情和未知情交易者的交易数量都翻倍，那么，

由(6-17)式可知，只有Σ_0变化，但是市场价格将保持不变。因此，市场价格行为与市场的成交量无关。

理性预期均衡要求知情交易者推测的做市商的定价策略就是做市商所使用的定价策略。而在上面的模型中，知情交易者推测线性定价策略，而做市商恰恰使用了该线性定价策略，因此，这种线性均衡是可以成立的。但是，是否有可能存在其他的均衡就不得而知。Kyle 证明，在单时期交易模型中，不可能存在其他的线性均衡，但可能存在其他的非线性均衡。这种存在多种均衡的可能性使得我们很难判断某些政策的含义，因为政策的实施可能会改变均衡的性质，从而无法运用已有的均衡性质来判断政策的效应。

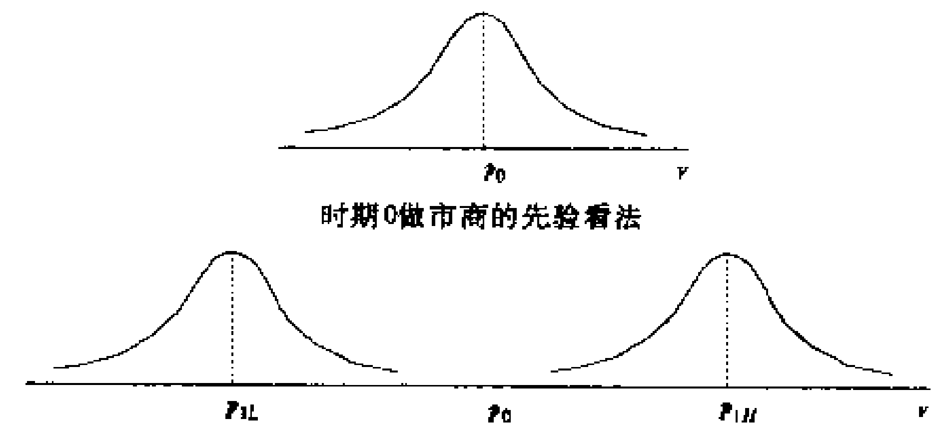
根据前面所采用的贝叶斯学习过程，我们还可以分析做市商定价策略的动态性质。(6-15)式表明，做市商设定的新价格反映了部分知情交易者的信息，但不是全部。但是，新价格并不一定更接近资产的真实价值 v，具体的市场价格取决于实际的指令流。例如，在资产的真实价值较低时，如果未知情交易者的买入指令特别多，那么它可能完全掩盖住知情交易者的卖出交易，使得做市商设定比较高的市场价格。

由(6-13)式可知：

$$\Sigma_1 = \frac{1}{2}\Sigma_0 \tag{6-18}$$

因此，不管实际交易结果是什么，做市商将依据交易结果判断新的资产价值的方差将恰好是先验方差的一半。资产价值的后验方差的下降表明市场价格的信息含量的增加。Kyle 在他的理论中认为，"内幕人的私人信息的一半将反

映到价格中……"虽然，做市商关于 v 的新看法的分散程度将下降，但是它们的均值却可能更不准确。



时期1做市商的先验看法，取决于指令流。数量大(小)的指令流使做市商的看法为p_{1H}(p_{1L})，但方差$\Sigma_1=\frac{1}{2}\Sigma_0$。

图 6-1　做市商看法的变化

图 6-1 表明做市商的看法(价格)的变化如何影响做市商关于资产价值的后验方差。在时期 0，做市商的看法由 $N(p_0, \Sigma_0)$给出，在一次交易之后，做市商的看法改变了，资产价值的新分布更集中于 p_1，并且方差下降为以前的一半：$N(p_1, \Sigma_0)$。总的来说，后验均值是在向资产的真实价值移动。由(6-17)式可知，在给定资产的真实价值 $\tilde{v}$ 时，p_1 的期望值为：

$$E[p_1|\tilde{v}]=(p_1+\tilde{v})/2 \qquad (6\text{-}19)$$

很明显，交易回合的增加将使方差收敛于零，从而后验均值也收敛于资产的真实价值 $\tilde{v}$。

设每一时期的总的指令流 $Y_t=\tilde{v}+u_t/\beta$，则 Y_t 的样本均值为：

$$\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}Y_t=\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}(\tilde{v}+u_t/\beta)=\tilde{v}+\frac{1}{\beta}\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}u_t \tag{6-20}$$

由强大数定律，有：

$$\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}u_t\to 0 \tag{6-21}$$

因此，有：

$$\frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}Y_t\to\tilde{v} \tag{6-22}$$

即价格将最终收敛于资产的真实价值 $\tilde{v}$。

6.1.2 多时期交易模型——序贯拍卖均衡

多时期交易模型并不是单时期交易模型的简单重复，这是因为在单时期交易模型中，知情交易者只需考虑其交易对该时期价格的影响，而在多时期交易模型中，知情交易者必须考虑其交易对以后的多个时期价格的影响，这将使得模型更为复杂。

多时期交易模型大致可以分为两类，前一类采用序贯拍卖分析框架，后一类则采用连续拍卖分析框架。本节介绍序贯拍卖分析框架下的多时期交易模型，下一节介绍连续拍卖分析框架下的多时期交易模型。

6.1.2.1 序贯拍卖交易过程

Kyle 假设了一种离散时间框架，N 次交易是在同一交易日内序贯发生的。但是随着交易次数的增加，这种离散时间框架也会接近于后面所述的连续拍卖框架。多时期交易与单时期交易的区别在于，在均衡状态下，每次拍卖的均衡价格不仅反映该次拍卖的指令流，还反映以前所有的各次拍卖的指令流，相应地，为使其预期盈利最大化，知情交

易者不仅需要考虑其交易对本次拍卖价格的影响,还要考虑对以后的拍卖价格的影响。

假设该交易日开始于时期0,结束于时期1,并且共有N次拍卖。用t_n表示第n次拍卖发生的时间,由于交易序贯发生,因此有:

$$0<t_0<t_1<\cdots<t_N<1 \tag{6-23}$$

也就是说,拍卖时间序列$\langle t_n\rangle$划分了[0,1]区间。

Kyle假设,随着交易次数的增加,未知情交易总数量$u(t)$服从布朗运动,令$u_n=u(t_n)$,$\Delta u_n=u_n-u_{n-1}$,$\Delta t_n=t_n-t_{n-1}$,则Δu_n就是噪声交易者在第n次拍卖时成交的数量,$\Delta u_n\sim N(0,\sigma_u^2\Delta t_n)$。由上述假设可知,未知情交易者在每一次拍卖中交易的数量都是相互独立的。Kyle仍然假设资产的真实价值$v\sim N(p_0,\Sigma_0)$,并且v与未知情交易总数量$u(t)$相独立。

令x_n表示知情交易者在前n次拍卖中提交的总的交易数量,因此$\Delta x_n=x_n-x_{n-1}$表示知情交易者在第n次拍卖中提交的数量,令p_n表示第n次拍卖的市场出清价格。

同单时期交易模型一样,序贯拍卖模型中的交易也是分两步完成的。首先,在"自然"决定资产的真实价值v和未知情交易者的交易Δu_n后,知情交易者选择其交易数量Δx_n。但是,与单时期交易不同,知情交易者不仅观察到v,而且还观察到过去的交易价格,因此,定义前n次拍卖中知情交易者提交的总数量的函数为:

$$x_n=X_n(p_1,p_2,\cdots,p_{n-1},v),\ n=1,2,\cdots,N \tag{6-24}$$

其次,做市商依据观察到的总的指令流$\Delta x_n+\Delta u_n$和以前的所有指令流来决定本次拍卖的市场出清价格p_n,因此,

定义第 n 次拍卖的价格函数 p_n 为：

$$p_n = P_n(x_1 + u_1, x_2 + u_2, \cdots, x_n + u_n), n = 1, 2, \cdots, N \quad (6\text{-}25)$$

定义函数 X 和 P 的向量为：

$$X = (X_1, X_2, \cdots, X_N), P = (P_1, P_2, \cdots, P_N) \quad (6\text{-}26)$$

即 X 是知情交易者在每次拍卖中的交易策略的总和，即他的"交易策略"，而 P 是做市商的定价策略。

令 π_n 表示知情交易者在第 $n, \cdots, N$ 次拍卖中所获的盈利总和，即有：

$$\pi_n = \sum_{k=n}^{N} (v - p_k) \Delta x_k \quad (6\text{-}27)$$

6.1.2.2　均衡及其性质

序贯拍卖的均衡是在于找到一对 X 和 P，它们具有这样一些性质：对知情交易者而言，交易策略 X 必须满足：

$$E\{\pi_n(X, P) | p_1, p_2, \cdots, p_{n-1}, v\}$$
$$\geqslant E\{\pi_n(X', P) | p_1, p_2, \cdots, p_{n-1}, v\}, n = 1, 2, \cdots, N \quad (6\text{-}28)$$

即知情交易者采用交易策略 X 的预期盈利会大于其他所有的交易策略 X'。

对做市商而言，均衡时价格应为发生该交易量时关于资产价值的条件期望值，否则做市商的预期就不是正确的，即有：

$$p_n = E\{v | x_1 + u_1, x_2 + u_2, \cdots, x_n + u_n\}, n = 1, 2, \cdots, N \quad (6\text{-}29)$$

根据类似于单时期交易模型中求解均衡的思路，Kyle 证明，如果假设 X 和 P 中的元素 X_n 和 P_n，$n = 1, 2, \cdots, N$，都是线性的，即存在系数 λ_n，α_n 和 β_n，$n = 1, 2, \cdots, N$，使得：

$$p_n = p_{n-1} + \lambda_n(\Delta x_n + \Delta u_n) \quad (6\text{-}30)$$

$$x_n = x_{n-1} + \alpha_n + \beta_n v \quad (6\text{-}31)$$

那么，存在唯一的均衡，并且该均衡是一个递归（recursive）

线性均衡。在该均衡中，知情交易者的交易策略和做市商的定价策略分别为：

$$\Delta x_n=\beta_n(v-p_{n-1})\Delta t_n,\ n=1,2,\cdots,N \tag{6-32}$$

$$\Delta p_n=\lambda_n(\Delta x_n+\Delta u_n),\ n=1,2,\cdots,N \tag{6-33}$$

而做市商的预期盈利为：

$$E\{\pi_n\mid p_1,p_2,\cdots,p_{n-1},v\mid_{v=\bar{v}}\}$$
$$=\alpha_{n-1}(\bar{v}-p_{n-1})^2+\delta_{n-1},\ n=1,2,\cdots,N \tag{6-34}$$

上式中参数 λ_n，α_n，δ_n 和 β_n 由下面的差分方程组唯一确定：

$$\begin{aligned}
\alpha_{n-1}&=\frac{1}{4\lambda(1-\alpha_n\lambda_n)}\\
\beta_n\Delta t_n&=\frac{1-2\alpha_n\lambda_n}{4\lambda_n(1-\alpha_n\lambda_n)}\\
\delta_{n-1}&=\delta_n+\alpha_n\lambda_n^2\sigma_u^2\Delta t_n\\
\lambda_n&=\beta_n\Sigma_n/\sigma_u^2
\end{aligned} \tag{6-35}$$

其初始条件为 $\alpha_N=\delta_N=0$，且二阶条件为 $\alpha_n(1-\alpha_n\lambda_n)>0$。

上述均衡结论的证明比较复杂，本书从略。有兴趣的读者可以参阅 Albert S. Kyle 的原文[1]。

虽然序贯拍卖均衡要比单时期拍卖模型的均衡更复杂，但是，单时期拍卖模型均衡的一些性质仍可推广到序贯拍卖模型中。例如，在单时期拍卖模型的线性均衡中，知情交易者会选择其交易数量使得交易结束后价格反映一半知情交易者的信息，即 $\Sigma_1=\frac{1}{2}\Sigma_0$。但是，在多时期模型中，

[1] Albert S. Kyle, 1985, Continuous Auction and Insider Trading, *Econometrica* 53:1 315-1 335.

第 n 次拍卖后方差为：

$$\Sigma_n = Var\{v|\Delta x_1 + \Delta u_1, \Delta x_2 + \Delta u_2, \cdots, \Delta x_n + \Delta u_n\}$$
$$= (1 - \beta_n\lambda_n\Delta t_n)\Sigma_{n-1} \tag{6-36}$$

由(6-36)式可知，衡量价格的信息含量的参数 Σ_n 是单调递减的，反映出信息是逐渐地反映到价格中的。但是，虽然 Σ_N 可能很少，但 $\Sigma_N>0$，即不是所有信息都在交易结束前反映到价格中的。

考察(6-35)式可知，如果未知情交易者提交的交易翻倍，即 σ_u 翻倍，那么 λ_n 将减半，$1/\lambda_n$，α_n，δ_n 和 β_n 将翻倍，而 Σ_n 不变，因此，增加未知情交易者的交易量会同比例地增加市场深度，同比例地增加知情交易者的预期盈利，但是价格的信息含量仍然保持不变的。

从上述证明也可看出，如果知情交易者的先验信息量用 $\Sigma_0^{\frac{1}{2}}$ 表示[1] 增加，那么市场深度 $1/\lambda_n$ 会同比例地下降，而知情交易者的预期盈利也会同比例地增加，即预期盈利与 $(\Sigma_0\sigma_u^2)^{\frac{1}{2}}$ 成正比关系。

序贯拍卖均衡的一个重要性质是，知情交易者是通过不断地交易，而不是试图通过其他策略控制价格来使盈利最大化的。但是，由于每次交易时知情交易者及做市商的策略都会变化，因而知情交易者的最优交易数量也在不断变化。事实上知情交易者正是利用这种交易规模的变化来

---

[1] 用 $\Sigma_0^{\frac{1}{2}}$ 表示知情交易者的先验信息量是有道理的。Σ_0 越大，则资产真实价值的可变性越大，因此，相对其他的交易参与者，知情交易者所掌握的信息量就越多。

隐藏其交易免被做市商发现。但是，知情交易者最终会被做市商发现，因而盈利是有限的。

6.1.3 多时期交易模型——连续拍卖均衡

如果把序贯拍卖模型的交易时间间隔取得足够短，那么，序贯拍卖模型就变成了连续拍卖模型。Kyle[1985]提出了连续拍卖均衡，Back[1992] 更正式地分析了连续拍卖均衡。

6.1.3.1 Kyle关于连续时间框架下知情交易者交易策略的分析

Kyle所采用的连续拍卖分析框架类似于序贯拍卖分析框架。在假设存在唯一的线性均衡的前提下，做市商的定价策略、知情交易者的交易策略以及他的盈利可由下式表述：

$$dp(t)=\lambda(t)[dx(t)+du(t)]$$

$$dx(t)=\beta(t)[v-p(t)]dt$$

$$d\pi(t)=[v-p(t)-dp(t)]dx(t)=[v-p(t)]dx(t) \quad (6\text{-}37)$$

由(6-37)式可知，Kyle假设可由函数 $\lambda(\cdot)$和 $\beta(\cdot)$来分别描述定价策略和交易策略的特征。

在连续拍卖框架下，在给定做市商定价策略和知情交易者交易策略的情况下，预期收益最大化条件要求，给定 $v=\tilde{v}$时，有：

$$E\{\pi(t)|<p(s)>_{s\in[0,t]},\tilde{v}\}$$

$$=E\{\int_{s=t}^{1}d\pi(s)|<p(s)>_{s\in[0,t]},\tilde{v}\} \quad (6\text{-}38)$$

而对做市商而言，均衡时价格应为发生该交易量时关于资产价值的条件期望值，即有：

$$E\{v|<dx+du>_{s\in[0,t]}\}=p(t) \tag{6-39}$$

定义 t 时期的拍卖后，做市商关于资产真实价值的后验方差为：

$$\Sigma(t)=Var\{v|<dx+du>_{s\in[0,t]}\} \tag{6-40}$$

Kyle 证明，在线性均衡状态下，(6-37)式～(6-39)式中的参数 $\lambda(t)$是一个常数，由下式给出：

$$\lambda(t)=(\Sigma_0/\sigma_u^2)^{\frac{1}{2}} \tag{6-41}$$

其余参数$\Sigma(t)$，$\beta(t)$，$\alpha(t)$和 $\delta(t)$由下式给出：

$$\begin{aligned}
&\Sigma(t)=(1-t)\Sigma_0\\
&\beta(t)=\sigma_u^2\lambda(t)/\Sigma(t)=\sigma_u\Sigma_0^{-\frac{1}{2}}/(1-t)\\
&\alpha(t)=\frac{1}{2}(\sigma_u^2/\Sigma_0)^{\frac{1}{2}},\ t\in(0,1)\\
&\delta(t)=\frac{1}{2}(\sigma_u^2/\Sigma_0)^{\frac{1}{2}}(1-t)
\end{aligned} \tag{6-42}$$

由(6-42)式可知，在连续拍卖均衡模型中$\Sigma'(t)=-\Sigma_0$。也就是说，交易价格有固定不变的波动性，因而信息是以固定的速度逐渐反映到价格中去的。$\lambda(t)$是常数，从而市场深度是常数也说明了这一点。由$\Sigma(1)=(1-1)\Sigma_0=0$ 可知，在交易结束时，所有的知情交易者的私人信息都会反映到价格中，并且 $p(t)$会趋于 v。由做市商定价策略可知，市场价格实际上服从布朗运动，其瞬时方差为Σ_0。当然，知情交易者知道，价格路径将最终收敛于资产的清算价值 v，但对做市商而言，由于他不能确切地知道 v，因而价格波动看上去不存在漂移。

由(6-37)式可知，dp 的瞬时方差为$\lambda^2\sigma_u^2dt$，说明价格的波动性是由未知情交易者，而不是知情者决定的，因此，看上去仿佛知情交易量是小的。但是，尽管知情交易者的

交易量很少，他仍然最终决定交易结束时价格是多少，原因在于，不同交易时期知情交易者的交易是正相关的，而未知情交易者的各期交易是相互独立的。

知情交易者的预期盈利将为$\Sigma_0^{\frac{1}{2}}\sigma_u$。它正好是单时期拍卖均衡中知情交易者预期盈利的两倍。

6.1.3.2 Back关于连续时间框架下知情交易者交易策略的分析

Back[1992]在他的论文《连续时间下的内幕交易》(*Insider Trading in Continuous Time*)中比较全面地分析了连续时间框架下知情交易者的交易策略。虽然他的模型实际

程,这样交易过程就不可能发生跳跃(除了到时期外)。Back 假设 $Y_t = X_t + Z_t$,同时所有的指令是市价指令,并且每个相互竞争的、风险中性的做市商都可观察到 Y_t。

风险中性的做市商能观察到 Y_t,但不能区分 X_t 和 Z_t,设做市商的定价规则为:

$$p_t = H(Y_t, t) \tag{6-43}$$

这里 $H(\cdot)$表示做市商的定价函数。Back 假设 $H(\cdot)$是对 Y 二阶连续可微,在 $t \in [0,1]$上连续,在 $t \in (0,1)$上连续可微,满足 $EH(Z_t,1)^2 < \infty$,并在 t 上严格单调。其中,$H(\cdot)$的单调性说明,在每一时期 t,知情交易者可以从 p_t 中推测出 Y_t,因此,在知情交易者提交指令前,他可以知道 $\{Z_s | 0 \leqslant s \leqslant t\}$。

为考察知情交易者的交易策略对其期末财富的影响,根据知情交易者的预算约束,Back 进一步假设知情交易者的财富变化为:

$$dW_t = X_{t-} dp_t \tag{6-44}$$

其中 X_{t-} 表示左极限 $\lim_{s \to t} X_s$。

考虑到在时期 1 信息公开后,价格可能跳跃,因此,知情交易者的期末财富为:

$$W_1 = (v - p_1) X_1 + \int_{[0,1]} X_{t-} dp_t \tag{6-45}$$

不失一般性,假设 $W_0 = 0$。

给定知情交易者的交易策略 X,则依据假设,做市商的定价规则为:

$$H(Y_t, t) = E[v | (Y_s)_{s \leqslant t}] \tag{6-46}$$

此时,知情交易者的最优交易策略 X 应满足:

$$\underset{X}{\text{Max}}\ E[(v-p_1)X_1+\int_{[0,1)}X_{t-}dp_t] \qquad (6\text{-}47)$$

如果我们能找到这样一对(H, X)，使得在给定 X 时，H 是理性的定价规则，并且在给定 H 时，X 是最优交易策略，那么这样一对(H, X)就是一个均衡。如果对所有交易策略 X，(H, X)是一个均衡，那么 H 是均衡定价规则。

6.1.3.3　均衡及其性质

令 V 为 v 的支撑集（不包括端点），N 代表正态分布 $N(0, \sigma^2)$，则有：

定义 $p_t = H(Y_t, t) = Eb(y + Z_1 - Z_t)$，其中 $b = F^{-1} \cdot N$。对每一个 $v \in V$，

$$X_t = (1-t)\int_0^1 \frac{b^{-1}(v) - Z_s}{(1-s)^2}ds \qquad (6\text{-}48)$$

则(H, X)就是一个均衡。

Back 证明，如果存在关于 X 的 Bellman 方程的解，那么最优条件要求交易策略 X 具有两个性质：其一，X 具有连续的有限变差路径；其二，$H(Y, 1) = v$，即在交易结束时，所有信息几乎确定地反映到价格中。

关于指令流性质，Back 证明，在 X 具有连续的有限变差路径时，做市商的理性定价规则要求指令流(Y_t, t)是一个鞅过程，由于 X 具有连续的有限变差路径，因此，指令流(Y_t, t)也一定是一个布朗运动。由于依据假设可知，未知情交易者的指令 Z 服从布朗运动，因此，由总指令流服从布朗运动可知，知情交易 X 具有与未知情交易 Z 相同的分布。该指令过程也说明离散时间模型中为什么知情交易者采取冲销策略 $X = -Z$ 不是最优的，这是因为 Z 服从布朗运动，在指令过程中没有离散跳跃，因而知情交易者的指令

过程也不会有离散跳跃。因此，在连续时间框架下，对知情交易者来说，可以推测到未知情交易数量是没有用处的。Back 证明，在符合该条件的前提下，有可能存在知情交易者的多个最优交易策略。

在给定指令流性质的情况下，Back 得到了做市商的最优定价规则。Back 证明，做市商最优定价规则的性质之一是，价格变化与指令规模成正比，并且，如果资产价值像 Kyle 模型中所假设的那样是正态分布的，那么最优定价规则也将像 Kyle 模型中所得到的那样是线性的。Back 所采用的分析方法的优点在于，可以考虑资产价值不同分布下的最优定价规则，而不是像 Kyle 模型那样只能考虑特殊的例子。例如，Back 证明，如果资产价值是呈对数正态分布的，那么价格将服从几何布朗运动，并且定价规则将有不同的形式，但仍是指令数量的函数。

Back 模型的优点在于，它可以考虑不同交易结构对均衡的影响，例如，Back 模型可以分析未知情交易者的不同指令过程对均衡的影响：如果未知情交易者在一个交易日内的交易会发生变化，如交易数量呈现 U 型，那么，知情交易者的最优交易策略也会相应发生变化。

Back 还证明，如果未知情交易的数量增加，那么知情交易的数量也会增加，并且波动性将增加，价格中所包含的信息量也将增加。显然，在离散时间框架下很难分析这些变化。

6.1.4 连续拍卖均衡与序贯拍卖均衡的比较

连续拍卖均衡与序贯拍卖均衡之间的关系在于，如果

序贯拍卖模型中离散的交易时期之间的时间间隔趋向于无穷小，那么，唯一的序贯拍卖均衡将收敛于连续拍卖均衡。Kyle[1985]证明，在给定Σ_0和σ_u^2不变的情况下，序贯拍卖均衡中的参数$\lambda(t)$，$\beta(t)$，$\alpha(t)$，$\delta(t)$和$\Sigma(t)$将收敛于连续拍卖均衡中各自相对应的值。

Kyle通过考察知情交易者利用交易策略实现来自私人信息的收益最大化的模型，来说明知情交易者交易策略对价格行为的影响，他的模型表明，知情交易者对私人信息的垄断会导致市场的效率下降。

Kyle模型及其扩展模型分析了单个知情交易者的交易策略及其对市场价格行为的影响。与序贯交易模型不同，这些模型不能计算价格对每笔交易所作的调整，从而无法阐述价格的具体变动过程。但是，这些模型可以计算知情交易者来自私人信息的收益，这正是批量交易模型与序贯交易模型的不同之处。

但是，Kyle模型及其扩展模型对知情交易者交易策略的分析是有限的，这是因为他们假设知情交易者的交易策略只是停留在交易时间和交易数量的选择上，而不能提交视价格而定(price-contingent)的指令。在批量交易模型中，分析限价指令对价格行为的影响将是十分复杂的。

其次，Kyle模型及其扩展模型假设市场上只有唯一的知情交易者。Kyle假设市场上只存在唯一的知情交易者，从而不考察多个知情交易者对均衡的影响，后者可能更具有现实意义。

6.2 多个知情交易者的交易策略分析

单个知情交易者交易策略分析的结果告诉我们，如果唯一的知情交易者拥有私人信息，那么无论是在单时期交易模型中，还是在序贯拍卖模型中或连续拍卖模型中，他都有正的预期盈利。该正的预期盈利将使其他交易者想方设法成为新的知情者。因此，在均衡中知情交易者的数目有可能是内生的。虽然在 Kyle 的模型中，他没有考虑过多个知情交易者的情况，但有必要考虑多个知情交易者情况下均衡的性质，甚至存在性。

考虑多个知情交易者交易的情况使得模型大为复杂。这是因为，如果知情交易者不是信息的垄断者，那么其他知情交易者的交易行为也会影响市场价格，因此，对单个知情交易者而言，很难计算来自私人信息的收益。在有多个知情交易者的理性预期模型中，知情交易者交易策略之间的相互依赖性往往会导致价格是揭示性的，能迅速地反映几乎所有的信息。如果就是这样，那么知道私人信息就没有收益了，交易者也就没有动力来搜集信息，因而信息和价格行为之间的动态关系也就无从谈起了。

只简单地采用理性预期模型而不涉及具体的交易机制是不能分析多个知情交易者的交易策略的。这是因为，理性预期模型不考虑具体的交易机制或市场设计。但是，如果交易者是按既定的策略进行交易的，那么具体的交易机制将决定交易对价格的影响，从而影响交易者的交易策略。

因此，给定具体的交易机制，我们可以计算交易指令对价格的影响，进而考察多个知情交易者对市场价格行为的影响。

Kyle[1984]、Foster 和 Viswanathan[1993]、Holden 和 Subrahmanyam[1992]都采用这种分析方法来考察多个知情交易者的交易策略与市场价格行为的关系。

6.2.1 Subrahmanyam 关于风险厌恶情况下多个知情交易者交易策略的分析

在 Kyle[1984]关于多个知情交易者交易策略的分析中，知情交易者被假设成是风险中性的。根据知情交易者风险中性的假设，Kyle 模型认为，流动性交易数量的方差的增加不会改变价格的信息含量，因为在未知情交易数量增加时，知情交易者会相应地增加他们的交易数量。此外，根据知情交易者风险中性假设，在多名知情交易者观察到相类似的信息时，知情交易者数目的增加会导致他们之间的竞争加剧，从而导致市场深度增加。特别地，在 Admati-Pfleiderer 关于未知情交易者交易策略的分析中，未知情的流动性交易的增加会导致知情交易者数目的增加，从而导致流动性交易者的交易条件得到改善。

但是，如果知情交易者是风险厌恶的，那么多个知情交易者的交易策略会发生变化。Subrahmanyam 分析了风险厌恶的多名知情交易者的交易策略。具体地，Subrah

易者交易唯一的一种风险资产：风险厌恶的多名知情交易者，他们拥有关于资产真实价值的私人信息；流动性交易者，他们的交易需求是外生的；以及一名竞争性做市商，该做市商是风险中性，在收到所有交易者提交的净指令流后设定市场出清价格，价格为给定净指令流时关于资产真实价值的条件期望值。

Subrahmanyam 假设了一个单时期模型，在时期 0 交易发生，在时期 1 交易被清算。该资产的清算价值（真实价值）为：

$$v = \bar{v} + \delta$$

其中，$\bar{v}$ 是在时期 0 公开的信息。总数为 k 的知情交易者观察到噪声信号 $\delta + u$。所有知情交易者的绝对风险厌恶系数为 A，其效用函数为负指数形式，另设流动性交易者提交的总随机指令流为 Z。设随机变量 Z, δ, u 相互独立，且：

$$Z \sim N(0, \sigma_Z^2), \delta \sim N(0, 1), u \sim N(0, \varphi)$$

假设在交易策略是线性时，该模型存在唯一的 Nash 均衡。如果做市商收到的净指令流为 w，则做市商价格为：

$$p = E[v \mid w] = \bar{v} + \lambda w$$

其中 λ 是市场深度（市场流动性）的倒数。

设某一知情交易者的指令数量为 x，则在信号为 $\delta + u$ 时，该知情交易者的预期效用为：

$$E(U) = E[-\exp(-Ax(v - p)) \mid \delta + u]$$

假设该知情交易者推测其他知情交易者提交的指令数量为 $\beta(\delta + u)$，则在给定知情交易者的信号 $\delta + u$ 时，其盈利

$x(v-p)$也将是 Z 的函数，并服从正态分布：

$$x(v-p)=x[\delta-\lambda[x+(k-1)\beta(\delta+u)+Z]]$$

因此，有：

$$E[U|\delta+u]=-\exp$$
$$\{-A[x[\delta-\lambda[x+(k-1)\beta(\delta+u)+Z]]|\delta+u]$$
$$-\frac{A}{2}Var[x[\delta-\lambda[x+(k-1)\beta(\delta+u)+Z]]|\delta+u]\}$$

由$\underset{x}{\mathrm{Max}}\,E[U|\delta+u]$可知：

$$x=\frac{\delta+u}{(1+\varphi)(2\lambda+A\lambda^2\sigma_Z^2)+A\varphi}-\frac{(k-1)\beta\lambda(1+\varphi)(\delta+u)}{(1+\varphi)(2\lambda+A\lambda^2\sigma_Z^2)+A\varphi} \tag{6-49}$$

(6-49)式右边第二项表示知情交易者由于其他知情交易者的存在而减少的量（在 $k=1$ 时该项消失）。因此，在给定 λ 时，风险厌恶系数 A 的减少或信号方差 φ 的减少有两个相反的效应：

(1)它增加知情交易者的交易积极性，这是因为 A 的减少和 φ 的减少使知情交易者更愿意提交更大规模的指令，具体体现在(6-49)式右边的第一项中。

(2)它减少知情交易者的交易数量，这是由于其他知情交易者的存在使得该知情交易者更倾向于减少提交的指令

交易者更积极地进行交易。第二项则表示知情交易者出于风险厌恶原因所作的调整。根据做市商的定价规则，Subrahmanyam 求出 λ 满足方程：

$$\lambda[k^2(1+\varphi)+\alpha^2\sigma_Z^2]=k\alpha \tag{6-51}$$

其中，$\alpha=\beta^{-1}=A[\varphi+\lambda^2(1+\varphi)\sigma_Z^2]+(k+1)\lambda(1+\varphi)$。

Subrahmanyam 证明，(6-51)式所表示的隐方程具有唯一的正实根，并且 λ 不是 k，A，φ 的单调函数，除了某些特殊情况：在 $A=0$ 时，$d\lambda/dk<0$；在 $k=1$ 时，$d\lambda/dA<0$；在 $k=1$ 或 $A=0$ 时，$d\lambda/d\varphi<0$。但是 λ 是流动性交易的方差的单调函数，即有 $d\lambda/d\sigma_Z^2<0$。

为分析价格揭示私人信息的程度，Subrahmanyam 定义价格的信息含量 Q 为信号 δ 关于价格的后验精确程度，即有：

$$Q=[Var(\delta|p)]^{-1}=[Var(\delta|w)]^{-1}$$

容易证明：$Q=1+\dfrac{1}{\varphi+(\sigma_Z^2/t^2)}$，其中 $t=k\beta$，表示所有的知情交易者的信号的系数。Subrahmanyam 证明，在知情交易者风险厌恶时，流动性交易的方差 σ_Z^2 的增加会减少价格的信息含量，同时，风险厌恶系数 A 的增加也会减少价格的信息含量。

Subrahmanyam 还分析了内生性信息获取的情况。如果知情交易者为获取信息必须支付一定的成本，那么，在均衡时，知情交易者的数目将使得每个知情交易者由盈利带来的效用等于为支付成本而带来的效用损失。

6.2.1.2 风险厌恶的做市商情况

如果做市商的风险厌恶系数为 A_m，则依据假设，做市

商来自于做市的预期效用为：

$$E[U_m]=E[-\exp(-A_m w(p-v))\mid w]$$

因此，在给定做市商收到净指令流 w 的情况下，做市商的盈利为：

$$w(p-v)=w(\lambda w-\delta)$$

故做市商的盈利是 δ 的函数，服从正态分布，因此，有：

$$E[U_m\mid\delta]=-\exp\{-A_m[w(\lambda w-\delta)\mid w]-\frac{A_m}{2}Var[w(\lambda w-\delta)\mid w]\}$$

由 $\underset{\lambda}{\mathrm{Max}}\, E[U_m\mid\delta]=0$ 可知：

$$\lambda=\gamma+\frac{A_m}{2}Var[\delta\mid w]$$

其中 γ 是 δ 对 w 的回归系数。由 $\gamma=\frac{t}{t^2(1+\varphi)+\sigma_Z^2}$ 和 $Q=1+\frac{1}{\varphi+(\sigma_Z^2/t^2)}$ 可知，风险厌恶的做市商的反应函数为：

$$\lambda=\frac{t+\left(\frac{A_m}{2}\right)/(t^2\varphi+\sigma_Z^2)}{t^2(1+\varphi)+\sigma_Z^2} \qquad (6\text{-}52)$$

这里 $t=k\beta$。

由(6-52)式可以看出，即使是在没有知情交易($t=0$)的情况下，λ 仍为正，说明做市商为承担与未知情交易者的流动性交易相联系的风险而要求补偿。

Subrahmanyam 证明，(6-52)式所表示的做市商的反应函数 λ 的性质和风险中性的做市商的反应函数相类似，唯一的区别在于，流动性交易的方差 σ_Z^2 对 λ 的影响不再是单调的，而是取决于 t 和 A 的大小。但是，在 $\varphi=0$ 时，即使做市商和知情交易者都是风险厌恶的，仍有 $d\lambda/d\sigma_Z^2<0$。

6.2.2 Holden 和 Subrahmanyam 关于多个知情交易者情况下价格调整速度的分析

Holden 和 Subrahmanyam(H-S)[1992]分析了多个知情交易者情况下的价格调整速度问题。他们的模型也是一个多时期拍卖模型,但是与 Kyle[1985]有所不同,他们的模型允许知情交易者的数目发生变化。*H-S* 模型证明,这些知情交易者会激烈地相互竞争,从而使得他们所掌握的私人信息会很快地被揭露出来。如果假设每次拍卖之间的时间间隔趋向于零,那么市场深度就会变得无穷大,所有的私人信息都会马上被揭示出来。

H-S 模型的框架基本上同 Kyle[1985]的多时期序贯拍卖模型相同,不同之处在于在该模型中,知情交易者的数目不是一个,而是 M 个,用 $i=1,2,\cdots,M$ 表示。令 Δx_n 和 Δx_{in}分别表示在第 n 次拍卖中所有知情交易者提交的指令和第 i 个知情交易者提交的指令。相类似地,用 π_{in}表示第 i 个知情交易者在以后的 $n,\cdots,N$ 次拍卖中所获的总的预期盈利。在给定对其他知情交易者交易策略的预期后,每一位风险中性的知情交易者都用后向归纳(backward induction)过程来决定其最优交易策略,以使其预期盈利最大化。为简化起见,*H-S* 假设,每一位知情交易者都知道相同的私人信息,并且在其他方面都是相同的,因此,他们的推测也是相同的。

H-S 证明,该模型存在着唯一的线性均衡。在均衡状态下,存在着参数 $\alpha_n,\beta_n,\lambda_n,\delta_n$ 和 Σ_n,使得每一位知情交易者的交易策略、做市商的定价策略、做市商关于资产真实

价值的后验方差以及每一位知情交易者的总的预期盈利分别为：

$$\Delta x_n = M\beta_n(v - p_{n-1})\Delta t_n, \text{对 } i = 1, 2, \cdots, M \text{ 成立}$$

$$\Delta p_n = \lambda_n(\Delta x_n + \Delta u_n),\ n = 1, 2, \cdots, N \qquad (6\text{-}53)$$

$$\Sigma_n = Var\{v \mid \Delta x_1 + \Delta u_1, \Delta x_2 + \Delta u_2, \cdots, \Delta x_n + \Delta u_n\}$$

$$E[\pi_n \mid p_1, p_2, \cdots, p_{n-1}, v] = \alpha_{n-1}(v - p_{n-1})^2 + \delta_{n-1}, \text{对 } i = 1, 2, \cdots, M \text{ 成立}$$

其中，参数 α_n，β_n，λ_n 和 Σ_n 分别是以下差分方程组的唯一解：

$$\alpha_n = \frac{1 - \alpha_{n+1}\lambda_{n+1}}{\lambda_{n+1}[M(1 - 2\alpha_{n+1}\lambda_{n+1}) + 1]^2}$$

$$\beta_n \Delta t_n = \frac{1 - 2\alpha_n\lambda_n}{\lambda_n[M(1 - 2\alpha_n\lambda_n) + 1]} \qquad (6\text{-}54)$$

$$\lambda_n = \frac{M\beta_n \Sigma_n}{\sigma_u^2}$$

$$\Sigma_{n+1} = (1 - M\beta_{n+1}\lambda_{n+1}\Delta t_{n+1})\Sigma_n,\ n = 1, 2, \cdots, N$$

其边界条件(最后一次拍卖)为：

$$\alpha_N = 0$$

$$\beta_N \Delta t_N = \frac{1}{\lambda_N(M+1)} \qquad (6\text{-}55)$$

$$\lambda_N = \frac{1}{\sigma_u}\left[\frac{M\Sigma_N}{(M+1)\Delta t_n}\right]^{\frac{1}{2}}$$

并且二阶条件为：

$$\lambda_n(1 - \alpha_n\lambda_n) > 0,\ n = 1, 2, \cdots, N \qquad (6\text{-}56)$$

参数方差 δ_n 由差分方程：

$$\delta_{n-1} = \delta_n + \alpha_n\lambda_n^2\sigma_u^2\Delta t_n,\ n = 1, 2, \cdots, N \qquad (6\text{-}57)$$

计算而来，其边界条件为 $\delta_N = 0$。

该结论的证明类似于 Kyle[1985]对多时期序贯拍卖

均衡定理的证明，本书从略。有兴趣的读者可参阅 H-S 的原文[1]。

H-S 模型的重要意义不仅在于其均衡结论，更重要的是在于其均衡的性质。虽然该均衡类似于 Kyle 所得到的单个知情交易者情况下的多时期序贯拍卖均衡，但又与之有重要的区别。在多个知情交易者的情况下，要得到参数 α_n，β_n，λ_n 和 Σ_n 不仅需要求解一系列差分方程组，更重要的是，它们的取值均依赖于知情交易者的数目 M 和他们的预期的交易行为。因此，每一位知情交易者的最优交易策略都依赖于对其他知情交易者的预期，因而这种预期会影响均衡价格。

为进一步考察该均衡所描述的价格调整过程的性质，H-S 考察了单位时间内交易次数 N 增加、知情交易者数目 M 增加时的价格行为，重点是考察参数 λ_n、Σ_n 和期望的知情交易数量 $E[\Delta x_n | v]$ 在 N、M 增加时的反应。参数 λ_n 和 Σ_n 是描述市场价格行为的重要指标。参数 λ_n 的倒数 $1/\lambda_n$ 被称为市场深度，它反映了指令数量对价格影响的程度。由于 Σ_n 反映了做市商关于资产价值看法的后验分布方差，因此参数 Σ_n 反映了价格的有效性程度。H-S 首先考察单位时间内拍卖次数增加对价格调整过程的影响。H-S 假设 $M=2$，即只存在两名知情交易者，在这种情况下，λ_n 和 Σ_n 会非常迅速地下降并接近零，并且下降的速度会随着拍卖次数的增加而急剧增加，这是因为知情交易者

---

[1] C. W. Holden and A. Subrahmanyam, Long-Lived Private Information and Imperfect Competition, *Journal of Finance* 47:247-270.

之间相互竞争使得他们不能为了实现利润最大化而串谋起来掩藏信息，以实现利润最大化，它使得绝大部分私人信息很快被揭示出来。期望的知情交易数量 $E[\Delta x_n|v]$的变化也类似于 λ_n 和 Σ_n。在第一次拍卖时，期望的知情交易数量比较大，但在以后的拍卖中它会很快下降，并且，随着拍卖次数的增加，期望的知情交易数量下降得越快。这是因为，随着单位时间内拍卖次数的增加，每两次拍卖之间的时间间隔就会减少，因此每次拍卖时流动性交易就变少，从而不能隐藏知情交易，知情交易者被迫减少每次拍卖中提交的交易数量。

其次，H-S 考察了知情交易者数目增加对价格调整过程的影响。H-S 假设 $N=20$，即单位交易时间内只进行 20 次拍卖，在这种情况下，多名知情交易者情况下均衡的性质不同于一名知情交易者情况下均衡的性质。在 Kyle 的序贯拍卖模型中，唯一的知情交易者会选择交易数量使得 λ_n 保持不变，并且 Σ_n 以接近线性的速率单调下降。但是，在存在多名知情交易者时，开始交易时 λ_n 会比较大，大于只有一名知情交易者情况下的 λ_n 值，但此后会急剧下降。Σ_n 同样如此。H-S 证明，随着知情交易者数目的增加，λ_n 和 Σ_n 是以递增的速率下降的，这是因为知情交易者间的相互竞争会使信息很快在前几次拍卖中被揭示出来。

对期望的知情交易数量 $E[\Delta x_n|v]$而言，知情交易者数目的变化对它的影响很大。根据 H-S 的交易框架，在单一的知情交易者情况下，期望的知情交易数量几乎是恒定的。但是，在有多名知情交易者的情况下，开始时期望的知情数量较大，但随后急剧下降，并且随着知情交易者数目的

增加，首次拍卖时期望的知情交易数量会增加，但是这会更快地揭示出他们所掌握的私人信息，以致于在此后的交易中知情交易数量会更快地下降。

H-S 模型进一步分析了三类分析极限来说明单位时间内交易次数及知情交易者数目对价格行为的影响。H-S 首先定义 $\tau \in [0,1]$ 为第 n' 次和第 $n'+1$ 次拍卖之间的一个时点，即 n' 是 τ 前的最后一次拍卖，即有：

$$\frac{n'}{N} \leqslant \tau, \frac{n'+1}{N} > \tau$$

随后，H-S 分别考察了知情交易者数目 M 固定时单位时间内交易次数 N 趋向于无穷大时 λ_n 和 $\sum_n$ 的极限情况、N 趋向于无穷大时第一次拍卖的 $\sum_1$ 和 λ_1 及期望的知情交易数量 $E[\Delta x_1 | v]$ 的极限情况，以及 N 固定时 M 趋向于无穷大时 λ_1、$\sum_1$ 和 $E[\Delta x_1 | v]$ 的极限情况，其结论为：

在假设拍卖在等分区间内发生时，离散时间模型有如下极限：

(i)在常数 $M \geqslant 2$ 时，对任何 $\tau > 0$，有：

$$\lim_{N \to \infty} \sum_{n'} = 0, \lim_{N \to \infty} \lambda_{n'} = 0$$

即，任何时点 τ 前的最后一次拍卖接近于连续时间拍卖情况。

(ii)在常数 $M \geqslant 2$ 保持不变时，有：

$$\lim_{N \to \infty} \lambda_1 = \infty, \lim_{N \to \infty} E[\Delta x_1 | v] = 0, \lim_{N \to \infty} \beta_1 = \infty$$

即，第一次拍卖接近于连续时间拍卖情况。

(iii)在常数 N 保持不变时，有：

$$\lim_{M \to \infty} \sum_1 = 0, \lim_{M \to \infty} \lambda_1 = 0, \lim_{M \to \infty} E[\Delta x_1 | v] = \infty, \lim_{M \to \infty} p_1 = v$$

即，第一次拍卖接近于完全竞争情况。

第一个极限性质说明，随着单位时间内拍卖次数趋向于无穷，所有信息都在极短时间内被揭示出来，因而市场深度 $1/\lambda_n$ 也迅速趋向于无穷。这一点与 Kyle 在序贯拍卖模型的极端状态——连续拍卖模型中得到的结论（信息是以恒定的速率反映到价格中并且市场深度保持不变）相反。

第二个极限性质说明，随着单位时间内拍卖次数趋向于无穷，第一次拍卖时市场深度 $1/\lambda_n$ 趋向于零，反映出在第一次拍卖中提交的指令很有可能是知情指令，而在此后的交易中，由于私人信息已经大部分反映到价格中，因而知情交易的可能性并不是很大，故市场深度趋向于无穷。这一点也反映在知情交易者的交易策略上：之所以第一次交易时期望的知情交易数量 $E[\Delta x_1|v]$ 为零，原因在于，在市场深度趋向于零时，任何数目的知情交易都会对价格产生重大影响，使得价格反映资产真实价值，从而使知情交易者无利可图。

第三个极限性质说明，随着知情交易者数目趋向于无穷大，所有信息都会在第一次拍卖中被揭示出来，第一次拍卖时的市场深度和期望的知情交易数量都会趋向于无穷大，并且第一个成交价格 p_1 会接近资产真实价值 v。这个结论的重要理论意义在于，H-S 证明，随着知情交易者数目的增加，所有知情交易者的最优交易策略会变得更具竞争性，从而使得价格马上反映私人信息。从实践意义来说，它有助于解释交易日开盘时的巨额交易量现象，即如果知情交易者在不交易时获取信息，那么所有的知情交易者都会在开盘时进行交易，因此开盘时知情交易者的逆选择现象最为严重。

H-S模型分析的下一个问题是所谓的“内生知情交易者数目”问题。这是因为，如果价格能迅速反映私人信息，那么知情交易者就不可能有正的预期盈利，这样，他们就没有动力去收集信息了。H-S证明，如果存在着获取私人信息的成本 C，那么，在均衡时，知情交易者的数目是被内生地决定的。

由(6-53)式中关于做市商预期盈利的公式可知：

$$E[\pi_1(M)] = E[\alpha_0(M)(v-p_0)^2 + \delta_0(M)]$$
$$= \alpha_0(M)\Sigma_0 + \delta_0(M)$$

因此，在均衡时必定有获取私人信息的成本等于收益，即：

$$\alpha_0(M^*)\Sigma_0 + \delta_0(M^*) = C \qquad (6\text{-}58)$$

M^* 即所谓的均衡知情交易者数目。

6.2.3 交易机制与多个知情交易者交易策略的关系

在分析多个知情交易者交易策略的批量交易模型中，交易机制不是考察的重点，原因在于研究的重点被放于在假设知情交易者按交易策略进行交易时均衡的性质。但是，市场微观结构理论的研究重点是市场微观结构和价格行为之间的关系，即市场微观结构对均衡的影响，因此，有必要在假设知情交易者按交易策略进行交易的前提下分析交易机制对均衡性质的影响。例如，在Kyle[1984,1985]的分析中，知情交易者都按照交易策略进行交易，但是他们必须在交易开始前提交交易指令，即交易机制不允许知情交易者根据均衡价格提交交易指令。Kyle[1989]的模型允许多个知情交易者提交整体需求函数，即视价格而定的交易指令。比较这两种交易机制下均衡的性质可使我们加深

对交易机制和多个知情交易者交易策略之间关系的理解。

6.2.3.1　模型框架

Kyle[1989]的分析采用了更标准的理性预期分析框架，考虑了一个单时期模型。在该模型中，交易者向一个中心市场提交指令，唯一的瓦尔拉斯拍卖者在收到所有指令后设定出清市场的价格，该拍卖者的功能仅是加总指令以设定使市场出清的价格，它并没有设定买卖报价。

Kyle假设在市场上只交易一种风险资产，其真实价值为 v，市场出清价格为 p。在市场上有三类参与者：噪声交易者、未知情投机者和知情投机者。噪声交易者的作用同以前的模型一样，他们交易外生的随机数量 Z，$Z \sim N(0, \sigma_Z^2)$，交易目的是为了满足流动性需要。未知情投机者和知情投机者都是风险厌恶者，他们的需求较为复杂，他们可以提交需求函数，具体交易数量视价格而定，而不仅仅是需求数量。

假设存在 N 名知情投机者，M 名未知情投机者，每一名知情投机者收到关于资产价值 v 的私人信息 i_n，其中 $i_n = v + \epsilon_n$，$\epsilon_n \sim N(0, \tau_\epsilon^{-1})$，$v \sim N(0, \tau_v^{-1})$)。假设随机变量 $v, Z, \epsilon_n (n = 1, 2, \cdots N)$是相互独立的正态分布随机变量。在观察到私人信息 $\tilde{i}_n$ 后，每一名知情投机者选择需求计划 $X_n(\cdot, \tilde{i}_n)$，该计划取决于信号$\tilde{i}_n$。相反，每一名未知情投机者选择需求计划 $Y_m(\cdot)$。由于未知情投机者不能观察到私人信息，从而其行为只能取决于价格。假设市场出清价格为 $\tilde{p}$，则知情投机者和未知情投机者的交易数量为：

$$\tilde{x}_n = X_n(\tilde{p}, \tilde{i}_n), n = 1, 2, \cdots, N$$

$$\tilde{y}_m = Y_m(\tilde{p}), m = 1, 2, \cdots, M$$

Kyle 假设每名知情投机者、未知情投机者具有负指数形式的效用函数，即：

$$U_n(\pi_{In}) = -\exp(\rho_I \pi_{In})$$

$$U_m(\pi_{Um}) = -\exp(\rho_U \pi_{Um})$$

其中，ρ_I、ρ_U、π_{In}和 π_{Um} 分别是知情和未知情投机者的风险厌恶系数和盈利，即：

$$\pi_{In} = (\tilde{v} - \tilde{p})\tilde{x}_n$$

$$\pi_{Um} = (\tilde{v} - \tilde{p})\tilde{y}_m$$

依据 Kyle 对多个知情交易者情况下均衡的分析，在均衡状态下，市场应出清并且交易者不愿采取其他交易策略。因此，如果交易者是相互竞争的，那么竞争性的理性预期均衡为：

存在着价格函数 $P(Z, i_1, i_2, \cdots, i_n)$ 以及交易策略函数 $X_1, X_2, \cdots, X_N$ 和 $Y_1, Y_2, \cdots, Y_M$，使得在所有$(Z, i_1, i_2, \cdots, i_n)$下市场出清：

$$\sum_{n=1}^{N} X_n(p, i_n) + \sum_{m=1}^{M} Y_m(p) + Z = 0 \qquad (6\text{-}59)$$

并且知情和未知情投机者的预期效用最大：

$$E\{U_n[(v-p)X_n(p, i_n) \mid p, i_n]\}$$
$$\geqslant E\{U_n[(v-p)X_n'(p, i_n) \mid p, i_n]\}$$
$$E\{U_m[(v-p)Y_m(p) \mid p]\}$$
$$\geqslant E\{U_m[(v-p)Y_m'(p) \mid p]\} \qquad (6\text{-}60)$$

这里 $X_n'(\cdot,\cdot)$ 和 $Y_m'(\cdot)$ 分别表示其他交易策略，$p = P(Z, i_1, i_2, \cdots, i_n)$。

但是，如果知情投机者考虑他们的交易对价格的影响，那么非完全竞争理性预期均衡要求存在价格函数 $P(X, Y, Z)$ 及一组交易策略，使得在所有 $(Z, i_1, i_2, \cdots, i_n)$ 下市场出清并且

$$
\begin{aligned}
& E\{U_n[(v-P(X,Y,Z))X_n(p,i_n)\mid p,i_n]\} \\
& \quad \geqslant E\{U_n[(v-P(X,Y,Z))X_n'(p,i_n)\mid p,i_n]\} \\
& E\{U_m[(v-P(X,Y,Z))Y_m(p)\mid p]\} \\
& \quad \geqslant E\{U_m[(v-P(X,Y,Z))Y_m'(p)\mid p]\}
\end{aligned} \tag{6-61}
$$

该均衡与竞争性均衡的差异在于，知情交易者特别地考虑了他们的交易对市场价格的影响。这样，不仅市场价格取决于知情和未知情投机者的交易策略，并且知情和未知情投机者的需求也取决于他们的交易策略，即 $p=p(X, Y)$，$x_n=x_n(X, Y)$，$y_m=y_m(X, Y)$。因此，通过改变其交易策略 x_n 和 y_m，投机者不仅可以改变他交易的数量，也可以改变他交易该数量的市场出清价格。

在假设存在相同的线性均衡的情况下，Kyle 证明，存在参数 $\beta, \gamma_I, \gamma_U, \mu_I, \mu_U$，使得对所有知情和未知情投机者的交易策略为：

$$X_n(p, i_n)=\mu_I+\beta i_n-\gamma_I p,\ n=1,2,\cdots,N \tag{6-62}$$

$$Y_m(p)=\mu_U-\gamma_U p,\ m=1,2,\cdots,M \tag{6-63}$$

其中参数 $\beta, \gamma_I, \gamma_U, \mu_I, \mu_U$ 由模型的均衡决定。

为实现该均衡，必须有足够数目的投机者以确保产生竞争性的结果，如果不是这样，那么由于噪声交易者的交易需求是没有价格弹性的，因此唯一的知情投机者会取得无限的预期收益。Kyle 证明，在 $\sigma_2^2>0$ 且 $\rho_I>0$ 时，只有在 $N\geqslant2$ 且 $M\geqslant1$，或 $N\geqslant3$ 且 $M\geqslant1$，或 $N\geqslant0$ 且 $M\geqslant3$ 时，

才能存在唯一的对称的线性均衡。在 $N=1$ 且 $M\geqslant 2$ 时，若 M 足够大，模型会存在唯一的对称的线性均衡；若 ρ_U 足够大，模型不会存在唯一的对称的线性均衡。若 $N+M\leqslant 2$，则不可能存在唯一的对称的线性均衡。但是，在有足够多的知情投机者的情况下，知情投机者间必定会相互竞争，从而使得垄断性结果不能发生。

6.2.3.2　均衡性质

非完全竞争均衡的一个重要性质是相对完全竞争理性预期均衡，价格反映了更少的信息。这是因为交易者认识到它们的交易对价格的影响，从而选择交易策略来尽量减少这种影响。这意味着随着交易的进行，知情交易者的信息优势不会马上消失，因为价格不会马上向未知情交易者揭示内在信息。因此，在非完全竞争性预期均衡中，知情交易者会取得正的盈利。

但是，Kyle 证明，随着知情交易者数目 N 的增加，多个知情交易者之间的相互竞争会增加，从而导致其均衡接近竞争性均衡。

6.3　未知情交易者的交易策略分析

交易者交易策略分析的第二个方面是分析未知情交易者的交易策略。在分析知情交易者交易策略的批量交易模型中，未知情交易者被假设随机地提交交易指令，其交易指令的数量 u 服从正态分布 $N(0, \sigma_u^2)$。显然，在这些模型中，未知情交易者不是依据一定的交易策略进行交易，他们的交易数量是外生于交易模型的，不仅在分析知情交易者

交易策略的批量交易模型中是如此，而且在分析做市商定价策略的序贯交易模型中也是如此。但是，这种假设有不尽符合现实之处，可以进一步加以改进。很明显的一点是，虽然未知情交易者不知道关于资产真实价值的信号，但是就像做市商能从收到的总的交易指令流中学到某些信息一样，未知情交易者也能从公开的市场总指令流中，甚至是交易的成交价格序列、成交量序列中得到某些信息。因此，有理由认为，未知情交易者会利用这些信息来制定他们的最优交易策略。

的损失，一旦未知情交易者执行交易策略，那么未知情交易者的交易策略将影响知情交易者的交易策略、做市商的定价策略，从而使信息模型更为复杂。

有许多学者在不同的背景下分析了未知情交易者的交易策略问题，Admati 和 Pfleiderer[1988，1989]分析了一个交易日内未知情交易者交易策略的时间性，Foster 和 Viswanathan[1990]考察了一周内不同交易日间公开信息和私人信息的变化对未知情交易者交易日间交易策略的影响，Seppi[1990]分析了影响未知情交易者进行大宗交易还是零股交易决策的因素，他们的分析都集中于未知情交易者选择交易策略的能力——即集中交易还是分散交易他们的指令。Spiegel 和 Subrahmanyam[1992]则从不同的角度考察了未知情交易者的交易策略，考察了风险厌恶的未知情套期保值者的交易决策问题。他的模型是一个单时期模型，没有考察何时进行交易这样的跨时期问题，而是考察了为什么进行交易这样的更基本的问题。

未知情交易者交易策略分析的基本工具是博弈论。由于知情交易者和未知情交易者都是按照交易策略进行交易的，因此，他们所选择的交易策略都将影响均衡的性质，甚至存在性。由于未知情交易者的最优交易策略部分地取决于知情交易者的交易策略，而信息的性质又将决定知情交易者交易策略的复杂性，因而为简单起见，假设信息只能存在一个时期，不需要考虑多时期模型。Admati 和 Pfleiderer

[1988]的模型就是这样。[1]

6.3.1 Admati 和 Pfleiderer 关于未知情交易者交易策略的分析

6.3.1.1 模型假设

Admati 和 Pfleiderer(A-P)模型首次考察了未知情交易者交易策略和知情交易者交易策略之间的相互作用，以及这种相互作用对交易量和价格波动性的影响。A-P 模型的主要目的是解释一个交易日内交易量和价格波动性的变动方式。实证检验的结果表明，在一个交易日内，绝大部分股票的交易量呈现 U 形，即在交易日的开始和结束时交易量较大，而在交易日的中间交易量较小；同时，价格的波动性(用价格变动的方差或收益的方差表示)也呈现 U 形。A-P认为，单单用知情交易者的交易策略不足以解释这种现象，必须对原有的经典模型，如 Glosten-Milgrom 模型、Kyle 模型加以修改，其中最重要一点是考虑未知情交易者的交易策略。

A-P 模型的一个重要假设是，存在两种类型的未知情流动性交易者：相机抉择的流动性交易者(discretionary liquidity trade)和非相机抉择的流动性交易者(nondiscretionary liquidity trader)。出于流动性需要，相机抉择的流动性交易者必须进行交易，但与非相机抉择的流动性交易

[1] Admati, A., and P. Pfleiderer, 1988, A Theory of Intraday Patterns: Volume and Price Variability, *Review of Financial Studies*, 1 Spring, 3-40.

者不同，他们可以依据一定的策略在给定的一段时间内选择进行交易的时间，甚至可以假设每次交易的数量也可以变动，即可进行多次交易。非相机抉择的流动性交易者只能在某一特定的时刻交易特定数量的股票，这类似于前面所述的纯粹的流动性(噪声)交易者。

6.3.1.2 模型及均衡

A-P 首先用一个简单的模型来分析未知情交易者交易策略和知情交易者交易策略之间的相互作用。A-P 模型假设，知情交易者的数目是固定的，他们拥有相同的信息；相机抉择流动性交易者可以选择交易的时间，但在整个交易日内，他们只能进行一次交易以满足其流动性需要。市场上只存在一名风险中性的、竞争性的做市商。

假设整个交易日被分成 T 个交易区间，交易者可以在每个区间内向做市商提交指令，在收到指令后，做市商设定市场价格以出清市场。同 Kyle 假设一样，做市商设定价格的原则是：价格等于给定发生的指令流情况下关于资产价值的条件期望值。假设在时期 T，资产价值 v 是外生决定的：

$$v=\bar{v}+\sum_{t=1}^{T}\delta_t \tag{6-64}$$

式中 δ_t 是 t 时期公开的信息，$\delta_t \sim N(0, Var(\delta))$，$\bar{v}$ 是资产的事后清算价值。在时期 t，数目为 n_t(在这里假设 n_t 为常数)的知情交易者会观察到相同的私人信息 $\delta_{t+1}+\epsilon_t$，其中 δ_{t+1}是将在下一时期公开的信息，ϵ_t 是误差，$\epsilon_t \sim N(0, \varphi_t)$，即知情交易者在时期 t 收到有关将在下一时期公开的信息的、带噪声的信号，或者也可说知情交易者可以比

其交易者更快更有效地处理公开信息。

A-P 模型的一个重要假设是，所有信息都是短期。它表明，在每个交易时期开始时披露的公开信息只会对该时期的交易产生影响，交易者也仅仅是根据在该时期收到的信息选择交易策略。对知情交易者而言，他们只需要根据事先得到的私人信息决定将要提交的最优交易数量，而不用考察这种交易行为对下一时期价格的影响，也就是说，知情交易者的最优交易策略并不包含跨时期因素。

令 x_t^i 为第 i 个知情交易者在时期 t 提交的指令，因此知情交易者的总指令流为 $X_t=\sum_{i=1}^{n_t}x_t^i$。$y_t^j$ 是相机抉择流动性交易者 j 在时期 t 提交的指令。由于相机抉择流动性交易者是出于流动性需要而交易的，因此，其指令数量 Y^j 外生地给定。A-P 同时假设未知情交易者不能进行多次交易，因此，一旦相机抉择交易者 j 决定在时期 t 交易，那么 $y_t^j=Y^j$，否则 $y_t^j=0$。由此，相机抉择流动性交易者的总指令流为 $Y_t=\sum_{j=1}^{m}y_t^j$，其中 m 为相机抉择流动性交易者的数目。令 Z_t 为所有非相机抉择流动性交易者在时期 t 提交的指令，因此，在时期 t，总的流动性交易指令流为 Z_t、Y_t 两者之和。A-P 假设，所有的随机变量 Y^j，Z_t，δ_t，ε_t 都是独立同分布的随机变量，每一随机变量都服从均值为零的正态分布。

令时期 t 总的流动性交易(未知情交易)指令流的方差为：

$$\Psi_t=Var\left(\sum_{j=1}^{m}y_t^j+Z_t\right) \tag{6-65}$$

显然，该方差是内生于模型的，它由相机抉择流动性交易者的交易策略决定，具体地说，是由相机抉择流动性交易者何时进行交易的决策决定的。

相应地，在时期 t 做市商收到的总的指令流为：

$$w_t = X_t + Y_t + Z_t \tag{6-66}$$

做市商将依据该交易指令流设定市场出清价格。由于做市商是风险中性的并且是竞争性的，因此，根据市场效率原则，做市商将价格设定为根据做市商先验信息（$\delta_1, \delta_2, \cdots, \delta_t$）及到时期 t 为止收到的指令流（$w_1, w_2, \cdots, w_t$）而得到的关于资产真实价值的条件期望值。由于在时期 t 知情交易者决定最优交易数量时不用考虑其交易对下一时期价格的影响，并且各时期之间流动性交易是相互独立的，因此，以前的指令流所提供的信息不会超过以前的公开信息，所以，关于资产真实价值的先验期望值为 $\bar{v} + \sum_{\tau=1}^{t} \delta_\tau$。

依据 Kyle[1985]的分析框架，A-P 假设做市商的线性定价规则为：

$$p_t = \bar{v} + \sum_{\tau=1}^{t} \delta_\tau + \lambda_t w_t \tag{6-67}$$

这里系数 λ_t 是总的交易指令流对市场价格的影响，也就是 Kyle 所称的市场深度的倒数。

在给定做市商的线性定价规则的前提下，我们可以证明，知情交易者和相机抉择流动交易者的最优交易策略取决于 Ψ_t，即流动性交易指令流的方差，这说明，知情交易者的最优交易策略也受到了相机抉择流动性交易者交易策略的影响。

在给定 Ψ_t 时，在时期 t 知情交易者 i 的最优交易指令

流为：

$$x_t^i = \beta_t^i(\delta_{t+1} + \varepsilon_t) \tag{6-68}$$

其中：$\beta_t^i = \sqrt{\frac{\Psi_t}{n_t[Var(\delta_{t+1}) + \varphi_t]}}$。也就是说，知情交易者的最优交易数量取决于知情交易者的数目 n_t、未知情交易数量方差 Ψ_t 和私人信息的方差 φ_t。

在知情交易者采用这种最优交易策略时，相应于 Ψ_t，做市商定价规则中的 λ 由下式给出：

$$\lambda_t = \frac{Var(\delta_{t+1})}{n_t + 1}\sqrt{\frac{n_t}{\Psi_t[Var(\delta_{t+1}) + \varphi_t]}} \tag{6-69}$$

6.3.1.3　均衡的性质

该均衡有两个十分重要的性质。首先，λ 是随着 Ψ_t 的增加而减少的。这是一个比较直观的性质，它反映出市场有能力以很小的价格波动吸收大量知情交易。由于 Ψ_t 是内生的，因此，相机抉择的流动性交易者可以通过它们的交易策略，更具体地说，是交易时间的选择，来影响价格行为。这个结论与 Kyle 的分析知情交易者交易策略的模型所得到的结论相反，在那里，未知情交易者的交易只能起到隐藏知情交易的作用，而不能对价格有任何影响。其次，λ 也是随着 n_t 的增加而减少的。这是一个难以直接看出的结论，它反映出，随着知情交易者数目 n_t 的增加，指令流对价格的影响反而会减小。这是因为在提交指令流时，多个知情交易者之间是相互竞争的，因此，n_t 越大，单个知情交易者的信息垄断优势就越小。

6.3.1.4　未知情交易者交易策略分析

在均衡状态下，相机抉择流动性交易者执行交易策略

的目的是使其期望的交易损失最小化。交易损失可以用市场价格和资产期望价值之间的差异来衡量，因此，在时期 t 交易的第 j 个流动性交易者的损失为：

$$L_t^j = E[(p_t - v)Y^j] \quad (6\text{-}70)$$

将 $p_t = \bar{v} + \sum_{\tau=1}^{t}\delta_\tau + \lambda_t w_t$ 代入，可得：

$$L_t^j = \lambda_t (Y^j)^2 \quad (6\text{-}71)$$

由(6-71)式可知，对相机抉择流动性交易者来说，为使得预期的流动性交易损失最小，他只有选择在 λ_t 最小的时期 t^* 交易。很显然，λ_t 表示时期 t 每一单位的指令流对价格的影响，因此 λ_t 越小，流动性交易者的预期损失越小。

由(6-69)式可知，λ_t 是随着 Ψ_t 的增加而减少的，因此，如果在均衡时，相机抉择交易的交易量越小，那么 λ_t 会越大，这个性质会导致相机抉择流动性交易者将他们的交易集中在该时期。A-P 得到的关于未知情交易者最优交易策略的结论是：

> 一般会存在这样的均衡：所有的相机抉择流动性交易在同一交易时期内进行。并且，如果在某些参数集合上存在着相机抉择流动性交易不在同一时期进行的均衡，那么，在参数的任意闭集（如将流动性需求 Y^j 的方差的向量重新排列）上唯一可能的均衡也将包括相机抉择流动性交易者的集中交易。

该结论表明，集中交易方式往往是最可能的，并且它们一般是唯一可能的均衡（在给定做市商使用线性定价规则的前提下）。注意到在模型中所有的交易者都将 λ_t 视作给

定的，也就是说，当交易者考虑偏离均衡交易策略时，他实际上是假设了其他交易者的交易策略和做市商的定价策略没有变化。只有在所有相机抉择流动性交易者集中交易的均衡下，任何偏离该交易策略的相机抉择流动性交易者都不能从中获利。

A-P进一步分析了均衡状态下相机抉择流动性交易者的集中交易策略对交易量和交易价格的影响。

在集中所有相机抉择交易的交易时期内，交易量会比较高，这固然是因为流动性交易的量比较大，同时也因为它会引致比较大的知情交易量。但是只要知情交易者的数目是外生决定的，并保持不变，那么相机抉择流动性交易者的集中交易不会影响价格所揭示的信息量，也就是不会改变价格变化的方差。但是A-P证明，如果知情交易者的数目是内生决定的，即可以变化，那么，相机抉择流动性交易者的集中交易会影响价格所揭示的信息并改变价格变化的方差。A-P所谓的知情交易者数目的内生决定是指，在假设花费一定成本即可获得私人信息的前提下，只要私人信息的预期收益超过该成本，那么未知情交易者就会想方设法获取私人信息，这样，知情交易者的数目是作为均衡的一部分被内生地决定的。

A-P证明，内生性的信息获得将进一步强化未知情交易者集中交易这一均衡，但是，它会改变价格的变化方式及其信息量，这是因为更多的知情交易者将会相互竞争，从而减少它们的总盈利，进而降低流动性交易者的交易成本，从而使得流动性交易者更进一步集中进行其交易。只要在每个时期都存在知情交易者，那么流动性交易者将更愿意与

更多的知情交易者进行交易。当然对未知情交易者来说，最好的情况是没有知情交易者。

A-P还分析了不同假设下未知情交易者交易策略及其对交易量、价格变动方式的影响。A-P首先讨论了不同知

易。S-S 证明，一旦将噪声交易者的交易需求内生化，那么由原先的市场微观结构理论框架推导出来的许多结论会发生很大变化。

S-S 运用一个单时期模型分析了套期保值者的交易策略对市场流动性、信息有效性及知情交易者预期盈利的影响，也分析了未知情交易者的福利。S-S 假设存在 k 个风险中性的知情交易者；n 个风险厌恶的未知情交易者，他们都拥有一定禀赋的资产，并且出于套期保值要求进行交易；以及一个风险中性的、竞争性的做市商，他将市场价格设定为给定公开信息和指令流情况下关于证券真实价值的期望值。所有交易都在时期 0 发生并在时期 1 清算。在时期 1，资产价值 $v=\bar{v}+\delta$，资产价值的期望值 $\bar{v}$ 是公开信息，而 δ 是更新的信息，δ 是随机变量，$\delta \sim N(0, \Psi)$。未知情交易者 i 收到信号 $\delta+\varepsilon_i$，这里 $\varepsilon_i \sim N(0, \varphi)$，并且独立于 δ。

假设未知情交易者的效用函数是负指数形式的，其绝对风险厌恶系数为 A。每一位未知情交易者的禀赋为 w_j，$j=1,2,\cdots,n$，$w_j \sim N(0, \sigma_w^2)$，并独立于 $\varepsilon_i(i=1,2,\cdots,k)$。同 Kyle 一样，做市商收到净指令流并据此设定市场出清价格。S-S 的分析不考虑非线性均衡。

假设知情交易者具有线性交易策略：

$$X_i=\beta(\delta+\varepsilon_i), i=1,2,\cdots,k \tag{6-72}$$

未知情交易者具有线性交易策略：

$$Y_j=\gamma w_j, i=1,2,\cdots,n \tag{6-73}$$

做市商的线性定价策略为：

$$p=v+\lambda Q \tag{6-74}$$

其中，p 是市场价格，Q 为净指令流，$Q=\sum_{i=1}^{k}\beta(\delta+\epsilon_i)+\sum_{j=1}^{n}\gamma w_j$，$\lambda$ 是市场深度的倒数，表明交易数量对价格的影响。

S-S 证明，只要有：

$$A^2 n\sigma_w^2(\Psi+2\varphi)^2>4k(\Psi+\varphi) \tag{6-75}$$

那么就存在系数 β，λ 和 γ，使得模型存在唯一的线性均衡；否则，就不存在线性均衡。

6.3.2.2 均衡的性质

(6-75)式所隐含的条件是，只有在未知情交易没有被知情交易超过的情况下，线性均衡才可能存在。因此，如果套期保值者很多，并且风险厌恶程度(用 A 表示)或其事前的禀赋变动性(用 σ_w^2 表示)很大，那么，只要知情交易者的数目不是很大，均衡就能够成立。否则，知情交易者的指令就会超过未知情交易者很多，以至于做市商按照原先的线性定价规则不可能设定预期实现盈亏平衡的价格。在这种情况下，线性均衡就不能成立。因此，(6-75)式表明，在 S-S 模型中，均衡的存在是有条件的，而不是像 Kyle 模型一样是无条件的。

在存在线性均衡的情况下，线性均衡的某些性质不同于标准 Kyle 模型的结论，其中最重要区别之一是 λ 不再具有单调性质。S-S 证明，虽然 λ 是随着 A 和 σ_w^2 的增加而递减的，但是，它不再是未知情交易者数目 n、知情交易者数目 k 和信号方差 Ψ 和 φ 的单调函数。很明显，如果参数 A 和 σ_w^2 很高，那么套期保值者就更愿意为回避风险而承担更大的预期损失，从而导致 λ 下降。

未知情交易者数目 n 对 λ 的影响比较复杂。如果未知情交易者数目 n 增加，λ 反而可能下降，恶化未知情交易者的交易条件。首先，n 的增加会导致价格波动性上升，这会导致套期保值者减少他们的交易；与此相反的是，如果 n 增加，那么在套期保值者进行交易时，可能的不利价格冲击就会减少，从而导致套期保值者增加交易数量。如果在某些情况下，如套期保值者是高度风险厌恶的，那么第一种效应占优，随着 n 的增加，λ 也会增加。S-S 还证明，在特定的市场条件下，未知情交易者数目 n 能够对 λ 有多种可能的效应。

在 S-S 模型的线性均衡下，如果知情交易者的数目 k 增加，那么套期保值者会减少他们的交易，导致知情交易者数目的增加直到某固定的上限，从而引起市场变得无限缺乏流动性。因此，增加知情交易者的数目也会引起线性均衡的崩溃。

S-S 也证明，随着知情交易者数目的增加，未知情交易者的福利会单调下降，这是因为知情交易者数目的增加虽然会导致他们之间的竞争加剧，但是，它同样也会导致价格波动性增加，并且后一种效应将超过前一种效应。因此，将市场流动性作为市场参与者福利的唯一衡量标准是不合适的。

总的来说，S-S 模型对未知情交易者交易策略的分析主要有以下几个重要结论：

(i)市场深度(流动性)并不是市场上未知情交易者数目的单调函数；

(ii)集中交易未必对未知情交易者有利，因为增加未知

情交易者的数目会减少每个未知情交易者的预期效用；

(iii)增加未知情交易者的数目会减少知情交易者的盈利；

(iv)随着知情交易者数目的增加，每个未知情交易者的福利会单调下降。

S-S模型的这几个重要结论具有一定的现实意义。首先，(i)和(ii)表明，未知情交易者数目和福利之间的正相关关系，在所有交易者都按交易策略进行交易以实现最大化效用时，将不再成立，因而也不会像外生交易模型那样导致交易的集中。其次，(iii)表明，Kyle得出的有关市场微观结构设计的结论是值得怀疑的。Kyle根据其分析认为，噪声交易者数目的增加会导致知情交易者预期收益的单调增加，因而他们更有动力去收集信息。根据该结论，市场监管者应该采取吸引更多噪声交易者而不是他们赶走的措施来增加价格的信息含量。这里的结论恰如与之相反。第三，结论(iv)表明，旨在增加市场上知情交易者之间竞争的政策，如减少获取信息的成本等，虽然出发点是增加市场流动性，但结果可能会使未知情交易者的福利下降。

6.3.3 长期信息与未知情交易者交易策略——Foster和Viswanathan关于长期信息的分析

Foster和Viswanathan(F-V)[1990]分析了一周内拥有不同信息的交易者的交易策略。他们假设流动性交易者可以自由选择是否推迟交易，并且公开信息的质量是可以发生变化的。F-V的结论与A-P关于一日内交易方式的分析结果有些不同。F-V认为，如果没有公开信息，那么相机抉

择流动性交易者推迟交易的策略是徒劳的，因为知情交易者的交易策略可以使得一周内各天的交易成本是相同的。相反，如果存在公开信息，并且公开信息有很高的信息含量，那么相机抉择流动性交易者的交易策略将使得交易集中在两个交易日内；但是，如果公开信息的信息含量不高，那么相机抉择流动性交易者将一直等待，从而使得周五是集中交易的唯一交易日。

F-V 假设信息是"有起伏的"，知情交易者在星期一拥有更多的信息。在 F-V 的模型中，唯一的知情交易者所拥有的私人信息可以持续一个交易日以上，因此知情和未知情交易者可以选择交易时间。F-V 着重分析交易者会在信息存续期的开始还是结束时进行交易。这一点有点类似于 A-P 对一个交易日内交易方式的分析，但 F-V 着重分析一周内不同交易日间交易量方差和逆选择成本，其结论是，在星期一交易成本和价格变化的方差最大，并且交易量会小于星期二的交易量。

F-V 的模型类似于 Kyle[1985]的模型，假设只存在一名知情交易者、一名竞争性的做市商和若干名未知情交易者。但是，在 Kyle 的连续模型的基础上，F-V 还考虑了多重交易日(一周)。Kyle 假设知情交易者每天会收到关于资产价值的私人信息，并且在每一交易日结束时都会有带有噪声的新信息产生。由于知情交易者每天都会收到私人信息，因此，在市场于周一开盘时，知情交易者的信息优势最大，并且闭市时间越长，下次开盘时知情交易者的信息优势越明显。但是，F-V 假设，通过公开信息的发布以及做市商从指令流变化中推测到的信息，知情交易者的信息优势

在减少。

F-V 首先考虑了垄断地拥有信息的知情交易者的交易策略，其前提是假设未知情交易者是纯粹的流动性交易者，其交易需求由流动性需要外生地决定。在这种情况下，F-V 证明，在没有公开信息披露的情况下，知情交易者的最优交易方式是使市场深度，即做市商对新指令的反应保持一致，并且每日的价格中所包含的信息量是相同的；相反，在私人信息会在以后公开披露的情况下，知情交易者会选择更集中地进行交易，从而使得私人信息以更快的速度被揭露出来。如果知情交易者每天可以收到私人信息，而公开信息只有在每个交易日结束时才披露，那么一周内做市商对指令流变化的敏感性会下降，从而使得价格变化的方差也下降，即价格所揭示的信息含量上升。导致这些结果的原因是星期一的流动性交易不足以抵消知情交易者在周末收到的信息。

其次，F-V 考虑了流动性交易者的交易策略，他们假设某些流动性交易者可以将它们的交易推迟而没有任何成本，因此，可以避免在逆选择最严重时进行交易。在流动性交易者相机抉择的情况下，知情交易者的最优交易策略与纯粹的流动性交易者情况不同：在没有公开信息的情况下，知情交易者的最优策略是保持相机抉择流动性交易者的交易成本不变(交易成本与市场深度成正比)，使得未知情交易者推迟交易的策略变得徒劳无益；在公开披露一部分信息的情况下，知情交易者的最优交易策略不再是使未知情交易者的交易成本在一周内保持不变。尽管均衡交易方式取决于相机抉择流动性交易者的数目及公开信息的质量，

但是，在星期一交易的成本往往比较高，且交易量小于星期二。在相机抉择流动性交易者可以推迟一天交易的情况下，如果公开信息是精确的，那么均衡交易方式是每周有两天集中交易，如果公开信息是不精确的，那么每周只有一天集中交易。

F-V 假设相机抉择流动性交易者可以不花成本地将他们的交易推迟一天，但是必须在一周结束交易。每名相机抉择交易只能在这一周进入市场：或选择立即进行交易，或选择在下一日进行交易，并且不能将交易推迟至下一周。为简化起见，F-V 假设所有相机抉择交易者要么全部在这一天交易，要么全部推迟至下一日。此外，假设在周五公开所有信息。

假设在每一时刻，非相机抉择流动性交易者的指令为 $\sigma_n dn_{d,t}$，相机抉择流动性交易者的指令为 $\sigma_c dc_{d,t}$。如果在交易日 d，$d=1,2,3,4,5$，某相机抉择流动性交易者的瞬时指令为 $\sigma_c dc_{d,t}$，那么该相机抉择交易者的期望净交易成本为：

$$
\begin{aligned}
& -E[(v_d - p_{d,t} - dp_{d,t})\sigma_c dc_{d,t} \mid \Omega_{d,t-}, dc_{d,t}] \\
& = E[dp_{d,t}\sigma_c dc_{d,t} \mid \Omega_{d,t-}, dc_{d,t}] = \lambda_d \sigma_c^2 (dc_{d,t})^2 \qquad (6\text{-}76)
\end{aligned}
$$

其中，v_d 是知情交易者在每个交易日开始前收到的关于资产真实价值的信号，也就是在周末公开私人信息后资产的清算价值，$v_d = v_{d-1} + \epsilon_d$，$\epsilon_d \sim N(0, \sigma_\epsilon^2)$；同时，在每个交易日末，存在着有噪声的公开信息 z_d，$z_d = v_d + \gamma_d$，$\gamma_d \sim N(0, \sigma_\gamma^2)$。$\Omega_{d,t-}$ 代表在时期 t 以前的市场信息，$p_{d,t}$ 是做市商依据其定价规则制定的市场价格，它等于给定观察到的指令流情况下资产价值的条件期望值：

$$p_{d,t} = E[v_d | dy_{d,t}, \Omega_{d,t-}] \quad (6\text{-}77)$$

其中，$dy_{d,t}$为做市商收到的总的瞬时指令流，$dy_{d,t} = dx_{d,t} + \sigma_n dn_{d,t} + \sigma_c dc_{d,t}$，其中 $dx_{d,t}$是知情交易者的瞬时指令流。

根据做市商的线性定价规则，有：

$$p_{d,t} = \lambda_{d,t} dy_{d,t} = \lambda_{d,t}(dx_{d,t} + \sigma_n dn_{d,t} + \sigma_c dc_{d,t}) \quad (6\text{-}78)$$

其中，$\lambda_{d,t}$是市场价格对指令流的敏感程度，$1/\lambda_{d,t}$即是所谓的市场深度。F-V 已经证明，$\lambda_{d,t}$不随交易时期t 变化，即 $\lambda_{d,t} \equiv \lambda_d$。

由(6-76)式可知，在交易日 $d+1$，相机抉择流动性交易者的交易成本为 $\lambda_{d+1}\sigma_c^2(dc_{d,t})^2$。由于相机抉择流动性交易者的交易成本与 λ_d 成正比，因此，他会比较 λ_d 和λ_{d+1}以确定哪一天做市商对指令流变化的敏感度较小，从而决定在那一天进行交易。

此外，相机抉择流动性交易者的交易成本也取决于在交易日 d 的相机抉择流动性指令的瞬时方差$\sigma_{d,c}^2$($\sigma_{d,c}^2 = 2\sigma_c^2$，$\sigma_{d,c}^2 = \sigma_c^2$ 或$\sigma_{d,c}^2 = 0$)。$\sigma_{d,c}^2$的值取决于相机抉择流动性交易者是否将交易日$d-1$ 的交易推迟至交易日 d，以及是否将交易日 d 的交易推迟到交易日$d+1$。因此，交易日 d 的所有流动性指令的方差$\sigma_d^2 = 2\sigma_c^2 + \sigma_n^2$，$\sigma_d^2 = \sigma_c^2 + \sigma_n^2$ 或 $\sigma_d^2 = \sigma_n^2$。

根据 F-V 的分析，由于相机抉择流动性交易者只能有立即执行交易和推迟一天交易两种选择，因此，总共只有16 种可能的交易方式。F-V 提出了一种从可能的 Nash 均衡交易方式中选择均衡交易方式的方法。在给定模型参数集的情况下，有效均衡条件首先将剔除那些不符合 Nash

均衡的交易方式。由于可能存在不止一个 Nash 均衡，因此，可以选择使相机抉择流动性交易者交易成本最小的交易方式。F-V 得到的结论是：

（1）如果存在精确的公开信息，即存在上限 δ，使所有 $\sigma_Y^2<\delta$，那么任何有效均衡将使 $\sigma_1^2=\sigma_n^2$，并且在周二、三、四、五中至少有两天 $\sigma_d^2=\sigma_n^2+2\sigma_c^2$。结论（1）表明，如果知情交易者的信息和公开信息十分接近，即公开信息的质量很高，那么每周中有两天集中交易，这是因为知情交易者的私人信息不会持久，从而不能推迟交易。

（2）如果存在着有噪声的公开信息，公开信息的质量很低，即存在下限 v，使所有 $\sigma_Y^2>v$，那么唯一的 Nash 均衡是：

$$\begin{aligned}\sigma_1^2&=\sigma_n^2\\ \sigma_d^2&=\sigma_n^2+\sigma_c^2,\ d=2,3,4 \qquad (6-79)\\ \sigma_5^2&=\sigma_n^2+2\sigma_c^2\end{aligned}$$

结论（2）说明，在公开信息有噪声的情况下，知情交易者更愿意继续持有私人信息，使得 $\lambda_d>\lambda_{d+1}$，$d=1,2,3,4$，从而导致所有交易集中在周五，在周一没有相机抉择流动性交易。

此外，F-V 还证明，如果每日的公开信息是有用的，即 $\sigma_Y^2<\infty$，那么有效的均衡交易方式将使得周一的相机抉择流动性交易转移到周二。原因很明显，在周一，知情交易者有更多的私人信息，因而相机抉择流动性交易者在周一交易的成本会比较昂贵。

F-V 模型的意义之一在于，他们证明了周一的交易成本是最高的，并且交易量往往是最低的，后者与在 NYSE

及东京股票交易所观察到的经验数据一致。

6.3.4 未知情交易者交易策略对证券收益的影响

无论是在 Admati 和 Pfleiderer 的对长期信息下未知情交易者交易策略的分析中，还是在 Foster 和 Viswanathan 的对短期信息下未知情交易者交易策略的分析中，未知情交易者的交易策略都会对证券的价格行为产生影响，影响价格变化的方差等。但是，在实证检验中，许多学者发现证券收益也存在着一定的变化规律。例如，1986 年 Harris 发现在一日内存在着的证券收益变化方式不同于一周内不同交易日间存在着的证券收益变化方式。此外，许多研究者发现了令人惊讶的交易日之间的证券收益变化方式，如周末效应(French[1980]和 Gibbons & Hess[1981])，即绝大多数股票在周末的期望收益是显著为负的。但是，现有的理论模型对此的解释能力不足。在批量交易模型中，知情交易者对坏消息和好消息的接受能力是相同的，因而价格的方差会变化，但是预期的价值水平、进而预期的证券收益是不变的。对未知情交易者而言，由于他们的交易与关于资产真实价值的信息无关，因此，也不会对证券收益产生影响。因此，造成证券收益变化的原因必定是在信息不对称市场上买卖双方间存在着差异。

从价格有效性角度看，如果证券价格服从鞅过程，那么预期收益就应为零[1]。由于预期收益为零，因而根本无法

---

(1) 假设无风险利率为零。如果无风险利率不为零，那么经过适当的调整后，证券价格仍将服从鞅过程。

估计收益的变化情况，交易者不可能仅通过观察市场而获收益。无论在分析做市商定价策略的序贯交易模型中，还是在分析知情交易者交易策略的批量交易模型中，证券价格都服从鞅过程，因此这两类模型都不能直接用于分析收益问题。在 Glosten 和 Milgrom 的序贯交易模型中，虽然做市商根据贝叶斯学习过程对价格所做的调整过程导致价格是服从鞅过程的，同时单个交易者也能影响价格，但是，简单的序贯拍卖模型和批量交易模型都不能分析总的交易量对证券收益变化方式的影响。

Admati 和 Pfleiderer[1989]考察了一个交易日内和一周内不同交易日间的证券收益的变化方式，他们认为，证券收益的变化方式是做市商的做市行为和知情交易者及相机抉择流动性交易者的交易策略共同作用的结果，即由他们的交易策略的相互作用决定的买入交易和卖出交易集中在特定时期这样一种交易方式将决定证券收益的变化方式。

6.3.4.1 模型假设

A-P 假设市场在 T 个交易时期内交易一种风险资产，在时期 T，该风险资产的清算价值为：

$$V=\overline{V}+\sum_{t=1}^{T}\delta_t \tag{6-80}$$

这里 δ_t，$t=1,2,\cdots,T$ 是独立同分布的随机变量，均值为零。δ_t 表示在交易时期 t 开始前的公开信息，因此，在时期 t，资产的预期价值为：

$$V_t=\overline{V}+\sum_{\tau=1}^{t}\delta_\tau \tag{6-81}$$

在 A-P 模型中，他们考虑了一个和多个风险中性的做市商的情况，因此，市场有 $M\geqslant 1$ 名做市商。与前面所描

述的批量交易模型中关于做市商定价策略的假设不同，A-P并没有假设做市商只是充当收集所有指令、设定唯一的市场出清价格的拍卖人，相反，在他们的模型中，做市商要在每一交易时期设定买卖报价。在时期 t，做市商必须按照他设定的买卖报价成交所有他收到的指令。令时期 t 做市商 j 的买入报价为 B_t^j、卖出报价为 A_t^j，则在时期 t，做市商 j 的买入佣金和卖出佣金分别为 $b_t^j = V_t - B_t^j$ 和 $a_t^j = A_t^j - V_t$。同时，A-P 假设，在给定的交易时期，所有的交易都是在该时期的最低佣金上成交的。定义最低买入、卖出佣金分别为 $b_t = \mathrm{Min}\{b_t^j\}_{j=1}^M$ 和 $a_t = \mathrm{Min}\{a_t^j\}_{j=1}^M$。A-P 假设，在时期 t，所有的交易者都知道在未来交易时期支付的交易佣金 a_t 和 b_t。

A-P 假设市场上存在着三类交易者：掌握私人信息的知情交易者，出于流动性需要必须在某一时期全部成交的非相机抉择流动性交易者，以及可以在一段时间内选择交易时间的相机抉择流动性交易者。在时期 t，知情交易者知道将在时期 $t+1$ 公开的信息 δ_{t+1}，但是这一私人信息只会对知情交易者在时期 t 的交易策略产生影响，在时期 $t+1$，知情交易者的交易策略将由 δ_{t+2} 决定。这一短期信息假设意味着不必考虑跨时期因素，从而大大简化了分析。A-P 假设，在各个交易时期，潜在的知情交易者的数目是均值为 $I>0$ 的随机变量，并且每一潜在的知情交易者成为知情交易者的概率为 $\varphi>0$。因此，在时期 t，预期的知情交易者的数目为 $I\varphi$。

知情交易者的交易策略取决于做市商设定的买卖报价及其掌握的私人信息。具体说，在时期 t，只有在 $E[V|$

$V_t, \delta_{t+1}] = V_{t+1} > A_t$，其中 $A_t = \text{Min}\{A_t^j\}_{j=1}^M$时，即 $\delta_{t+1} > a_t$ 时，知情交易者才会买入；同样，只有在 $E[V \mid V_t, \delta_{t+1}] = V_{t+1} < B_t$，其中 $B_t = \text{Max}\{B_t^j\}_{j=1}^M$时，即 $-\delta_{t+1} > b_t$ 时，知情交易者才会卖出。若 $-b_t \leqslant \delta_{t+1} \leqslant a_t$，则知情交易者不会进行交易。同时，由于知情交易者是风险中性的，因此，他们可能提交无穷大的指令，所以 A-P 假设每位知情交易者只能提交一个单位的指令。

非相机抉择流动性交易者被假设在特定的时期 t 进行交易，而相机抉择流动性交易者则被假设在时间区间$[T', T'']$内交易，同时他们都有各自的用佣金表示的保留价格，并且不同交易者的这些保留价格是区间$[a, b]$，$b > a \geqslant 0$上的独立同分布的随机变量。假设保留价格用 z^v 表示，那么对想买入的非相机抉择流动性交易者来说，在时期 t，若 $a_t < z^v$，则提交买入指令；对想卖出的相机抉择流动性交易来说，在时期 t，若 $z^v > b_t$，则提交卖出指令。但是，由于相机抉择流动性交易者可以在$[T', T'']$内选择交易时期，因此，对想买入的相机抉择流动性交易者来说，在时期 t，只有$a_t < z^v$并且 a_t 是交易时间区间$[T', T'']$内最小的佣金时，才提交买入指令；同样，对想卖出的相机抉择流动性交易者来说，在时期 t，只有 $z^v > b_t$ 并且b_t 是交易时间区间$[T', T'']$内最小的佣金时，才提交卖出指令。

A-P 假设，在时期 t，非相机抉择流动性买入者和卖出者的数目是独立同分布的随机变量，且均值为 N，$N > 0$。同样，在时期 t，相机抉择流动性买入者和卖出者的数目是独立同分布的随机变量，且均值为 D，$D > 0$。为求得均衡预期交易价格的变动方式，A-P 假设在时期 t 知情交易者

的数目、相机抉择流动性买入者和卖出者的数目、非相机抉择流动性买入者和卖出者的数目都服从泊松分布，并且相互独立。

6.3.4.2　均衡及其性质

由于相机抉择流动性交易者可以在交易时间区间 $[T', T'']$ 内选择交易时间，因此，在均衡时，每一时期流动性买入者和卖出者的期望数目是由买卖佣金决定。设 $[T', T'']$ 内最低买入（卖出）佣金为 $b^* = \text{Min}\{b_\tau\}_{\tau=T'}^{\tau=T''}$ $(a^* = \text{Min}\{a_\tau\}_{\tau=T'}^{\tau=T''})$，$L_t^B(L_t^A)$ 为时期 t 相机抉择卖出者（买入者）和非相机抉择卖出者（买入者）的预期数目。若在 $[T', T'']$ 内 $b_t = b^*(a_t = a^*)$ 的时期的数目为 $\tau^B(\tau^A)$，则对时期 $t \in [T', T'']$，有：

$$L_t^B = \begin{cases} N + D/\tau^B & \text{当 } b_t = b^* \\ N & \text{其他} \end{cases} \tag{6-82a}$$

类似地有：

$$L_t^A = \begin{cases} N + D/\tau^A & \text{当 } a_t = a^* \\ N & \text{其他} \end{cases} \tag{6-82b}$$

我们称序列 $(L_t^A, L_t^B)_{\tau=T'}^{\tau=T''}$ 为流动性交易的方式。

根据 A-P 关于做市商行为的假设，由做市商报价决定的佣金将使其预期收益为零。就如前面模型所假设的那样，做市商将用来自未知情交易者的预期盈利抵消掉来自知情交易者的预期损失。很显然，来自每一位未知情买入者的预期盈利为：

$$G(a_t) \equiv a_t Pr\{\varepsilon^v > a_t\} \tag{6-83}$$

这里 $Pr\{\cdot\}$ 表示在给定做市商的卖出报价和未知情交易者的保留价格的情况下未知情交易者买入的概率。相似的，

来自每一位知情买入者的预期损失为：

$$\Psi(a_t) \equiv Pr\{\delta_t > a_t\}[E(\delta_t | \delta_t > a_t) - a_t] \quad (6\text{-}84)$$

A-P 证明，函数 $\Psi(a_t)$是 a_t 的减函数，即随着做市商卖出佣金的增加，做市商预期的来自知情交易者的损失会减少。

因此，在时期 t，做市商获得的卖出的预期收益为(相应于卖出佣金 a_t)：

$$\pi_t^A(a_t) = -\varphi I\Psi(a_t) + L_t^A G(a_t) \quad (6\text{-}85a)$$

相类似，做市商获得的买入的预期收益为(相应于买入佣金 b_t)：

$$\pi_t^B(b_t) = -\varphi I\Psi(b_t) + L_t^B G(b_t) \quad (6\text{-}85b)$$

令 $\pi_t(a_t, b_t) = \pi_t^A(a_t) + \pi_t^B(b_t)$表示做市商在时期 t 的来自买卖报价的总收益。

在只有一名做市商的情况下，决定均衡买卖佣金的条件是：(a_t, b_t)使得 $\sum_{t=T'}^{T''}\pi_t(a_t, b_t)$最大化。相反，在有多名做市商的情况下，决定均衡买卖佣金的条件是在其他做市商采取该均衡佣金序列的情况下，佣金(a_t, b_t)的序列之外不存在其他的佣金序列可以使得该做市商获得正的盈利。很明显，在有多名做市商的情况下，在每一时期，每一位做市商来自任何一种交易的预期收益为零，即 $\pi_t^A(a_t) = \pi_t^B(b_t) = 0, t = 1, 2, \cdots, T$。

A-P 证明，在该交易框架下，唯一的流动性交易的均衡方式是所有相机抉择流动性买入和卖出都必须在不超过一个时期的交易时间内进行。如果存在(a_t, b_t)使得 $\pi_t^A(a_t) > 0$或 $\pi_t^B(b_t) > 0$，那么在均衡状态下，相机抉择流动性买入者会严格在时期 $t_A^* \in [T', T'']$交易，相机抉择流动

性卖出者会严格在时期 $t_*^B \in [T', T'']$交易。t_*^A 和 t_*^B 可以相同，也可以不同。这是因为，在一个时期内，未知情交易越多，则有更多的来自未知情交易者的盈利可以冲销来自知情交易者的损失，因此，做市商会相应地降低佣金。因此，如果所有的未知情交易者集中在一个时期进行交易，那么他们可以改善交易条件，支付最低的佣金。同时，在该时期，知情交易者的数目也是比较大的，因为佣金的下降使得 $Pr\{\delta_t > a_t\}$ 上升。但是由于每个知情交易者只能交易一个单位，因此，知情交易者数目的增加并不能超过未知情交易者集中交易所带来的好处。

为考察流动性交易方式对交易量和预期价格变化的影响，A-P 定义 w_t^A 为时期 t 提交的总的买入指令，w_t^B 为时期 t 提交的总的卖出指令。很明显，有：

$$E(w_t^A) = \varphi I Pr\{\delta_{t+1} > a_t\} + L_t^A Pr\{z^v > a_t\} \tag{6-86}$$

并且在时期 t_*^A，$E(w_t^A)$最大。同样，在时期 t_*^B，有 $E(w_t^B) = \varphi I P_r\{-\delta_{t+1} > b_t\} + L_t^A Pr\{z^v > b_t\}$ 最大。

其次，A-P 定义时期 t 的平均成交价格 p_t 为：

$$p_t = \frac{w_t^A A_t + w_t^B B_t}{w_t^A + w_t^B} = V_t + \frac{w_t^A a_t - w_t^B b_t}{w_t^A + w_t^B} \tag{6-87}$$

若 $w_t^A = w_t^B = 0$，则 $p_t = V_t$。

根据该交易量加权平均价格的定义，相机抉择流动性交易者的交易方式对证券价格会产生比较大的影响。

首先，若 $t_*^A = t_*^B$，则在任意时期 t，$E[p_t | V_t] = V_t$，并且 $E[p_t - p_{t-1}] = 0$。也就是说，在相机抉择的买入者和卖出者选择在同一时期集中进行交易时，由于这些知情的买入和卖出是对称的，因此，平均的价格变化为零。由于该时

期的价格等于预期价值，因此，该时期的价格和下一时期价格之间的预期变化也为零。

其次，如果 $t_*^A \neq t_*^B$，那么，在 $t = t_*^B$ 时，$E[p_t \mid V_t] > V_t$，且 $E[p_t - p_{t-1}] > 0$，$E[p_{t+1} - p_t] < 0$；相反，在 $t = t_*^A$ 时，$E[p_t \mid V_t] < V_t$，且 $E[p_t - p_{t-1}] < 0$，$E[p_{t+1} - p_t] > 0$。也就是说，如果相机抉择买入者和卖出者不是选择在同一时期集中进行交易，那么，平均的成交价格就不会等于预期价格。具体地，在相机抉择买入者进行交易的时期，平均价格 p_t 超过预期价格 V_t，并且由于相机抉择买入者已经全部实现了他们的交易需求，因此，下一时期的预期平均价格 p_{t+1} 会下降，回复到以前水平。相反，在相机抉择卖出者进行交易的时期，平均价格会向下偏移，因而下一时期的预期平均价格会升高，回复到以前水平。因此，如果用平均成交价格来衡量证券收益，那么，相机抉择买入者和卖出者选择交易时期的方式将决定证券收益的变化方式。

A-P[1989]的这一结论与以前的关于做市商定价策略的模型，如 Kyle[1985]，Glosten-Milgrom [1985]、A-P[1988]的结论不同，他们都认为成交价格服从鞅过程。A-P认为，造成这种差异的关键是，在他们的模型中，做市商是在知情和未知情交易者提交指令前设定价格的，因而并不知道在价格上实际成交的数目，因此不能由做市商的预期盈利为零的假设推出价格仍服从鞅过程。

A-P 还考虑了内生性信息获得的情况，即考虑了时期 t 潜在的知情交易者真正成为知情者的概率 φ 是内生变量的情况。他们假设，在时期 t，潜在的知情交易者可以花费一定的成本来增加成为知情交易者概率，但是具体的他们

所愿意花费的成本的大小取决于他们在该时期所能获得的预期收益。根据该假设，A-P 证明，在内生性信息获得的情况下，均衡情况是十分复杂的，并不能保证肯定存在均衡。他们证明，在存在均衡时，做市商必定将佣金设定为使得相机抉择买入者和卖出者在不同时期集中进行交易，而不可能像知情交易者数目外生给定时那样在同一时期交易。如果 $t=t_*^A$，那么 $E[p_t|V_t]>V_t$，$E[p_t-p_{t-1}]>0$，$E[p_{t+1}-p_t]<0$；如果 $t=t_*^B$，那么 $E[p_t|V_t]<V_t$，$E[p_t-p_{t-1}]<0$，$E[p_{t+1}-p_t]>0$。

根据 A-P 的分析，潜在的知情交易者、相机抉择流动性交易者和做市商之间的相互作用导致了证券收益的变化方式。无论是一名做市商还是多名做市商，都不影响 A-P 关于证券收益变化方式的解释。

6.4 交易策略模型评价

由前面的分析可知，知情交易者交易策略和未知情交易者交易策略分析的基本工具是理性预期模型，其主要结论体现在不同模型的均衡状况及其性质中。但是，就如前面理性预期模型所指出的那样，理性预期模型中均衡状态并不是十分理想的。相应地，在交易者交易策略分析中运用理性预期模型会带来两个不利结果。

首先，运用理性预期模型描述交易策略，有可能导致产生关于均衡存在性的不确定性。很明显，为描述交易策略，我们必须确定交易规则、交易者和它们的可供选择的策略集以及支付函数，在市场微观结构环境中确定这些函数是

很困难的。再进一步说，如果模型中有不完全信息、M 个做市商、I 个知情交易者、N 个流动性未知情交易者、D 个相机抉择的未知情交易者，那么这种模型的均衡的求解将是十分困难的，只有在作了大量的简化之后，才有可能求出均衡结果。

其次，运用理性预期模型分析交易策略的更大问题在于很难确定均衡结果的唯一性。交易者交易策略的相互作用会决定均衡，但是很难确定不存在其他的均衡。例如，以Kyle模型为典型，大多数交易策略分析模型都采用了Bayes-Nash 均衡概念，即在给定其他交易者交易策略时每个交易者的交易策略是最优的，并且每一个交易者关于其他交易者交易策略的预期是正确的。但是，这并不能排除存在其他均衡概念的可能。

关于均衡唯一性的不确定性告诉我们，在解释市场微观结构模型均衡的性质时，要特别谨慎。这是因为，如果在模型中存在着多个均衡，那么从某种均衡中得到的性质可能是错误的，因为环境的变化可能导致均衡发生变化，从而由原先的均衡推导出的性质就不存在了。这一结论的实践指导意义在于，如果存在关于均衡唯一性的不确定性，那么，由某一均衡的性质得到的政策含义很可能是脆弱的，在情况稍有变化时就可能会产生新的均衡，这时原先的政策可能是错误的。除此之外，实际的市场环境能否实现模型中所描述的均衡也是一个重要问题。



7 影响价格行为的其他因素

信息与价格之间的动态关系是金融市场微观结构理论的主要研究对象之一。无论是在序贯交易模型中，还是在批量交易模型中，知情交易者和未知情交易者执行交易策略的结果都是新的信息逐渐融入到价格之中，并且市场价格最终收敛于资产的真实价值，从而反映出全部的信息。但是，所有这些交易模型的共同特点是价格的调整过程不是瞬时完成的。无论是在序贯交易模型中，还是在批量交易模型中，做市商都将市场价格设定为发生观察到的交易时关于资产价值的条件期望值，因此，在每一个时点处，价格只能反映所有公开的信息，而不是全部信息，从而市场价格是半强型有效的。同时，由于不同的市场微观结构会影响价格的调整过程，因此，考察价格的调整过程有利于我们理解市场微观结构及其监管制度是如何影响市场效率的，从而有利于进行提高市场效率的市场设计。

考察价格调整过程需要分析价格如何随时间而变化。由于价格是由做市商依据市场出清的原则设定的，因此需要考察做市商以及未知情交易者从观察到的市场数据中学习信息的过程。但是，在以前讨论中的模型，不同的模型中

做市商和未知情交易者能观察到的市场数据是各不相同的。例如，在连续拍卖模型中可以观察到单笔交易，但在批量模型中则不能观察到单笔交易；相类似地，在多时期模型中可以观察到交易的序列，但在单时期交易模型中则不能观察到。因此，为考察价格调整过程，必须仔细分析交易过程中产生的信息与关于资产真实价值的信息之间的相互关系。

本章主要分析与价格调整过程密切相关的三个方面：价格序列、交易量和交易时间性。价格序列在价格调整过程中的作用是明显的：如果价格不是在反映全部信息的资产的真实价值水平上，那么，价格的序列能够提供比单个价格更多的信息。交易量和交易时间性同样也能影响价格的调整过程，因为总的交易需求、交易之间的时间间隔也会传递同资产真实价值相关的信息，从而影响价格调整过程。

有一点必须明确，本章中我们考察的是在既定的市场微观结构中，交易者如何从影响价格行为的其他因素——价格序列、交易量和交易时间性中推测信息，从而影响价格调整过程，市场微观结构本身对可得信息的影响不是本章分析的内容。

7.1 价格序列

正如第五章所指出的那样，理性预期模型的基本问题在于揭示性的理性预期均衡的存在性。Grossman 和 Stiglitz、Radner、Allen、Jordan 等人研究了理性预期均衡的存在性问题，得到了理性预期均衡存在的条件。但是，在他

们的分析中，价格调整过程仍是一个悬而未决的问题，难道价格就像他们所说的那样在瞬间调整到反映全部信息的资产的真实价值上，从而使得市场是完全有效的？显然事实并非如此，这些简单的价格调整模型是不能描述金融市场的实际情况的。

价格调整过程的特征是，实际的价格变动取决于市场参与者对市场信息所作的反应，而这又取决于市场参与者的风险偏好、禀赋，进而不确定性的范围和性质，甚至市场微观结构本身。而在最简单的模型中，唯一的不确定性在于知情交易者的私人信息。未知情交易者只要有一个价格观察值就足以推测出知情交易者的私人信息。但是，更多的情况是，未知情交易者不能从一个价格观察值中推测出所有信息，因此，未知情交易者有观察价格序列的动力，也就是说，未知情交易者可以从价格的变动过程中学习到私人信息。

在以前的模型中，价格序列本质上是不起任何作用的。在考察做市商定价策略的序贯交易模型中，做市商将价格设定为发生特定性质交易（交易类型、交易规模、交易时间性等）时关于资产价值的条件期望值，价格的变动过程只反映了做市商后验看法的更新过程；而在考察交易者交易策略的批量交易模型中，如在 Kyle 模型及其扩展模型中，做市商没有从价格的变动中学习到任何新信息，价格的调整过程只依赖于交易者提交的指令数量的变化。

7.1.1 Brown 和 Jennings 关于价格序列的信息含量的分析

Brown 和 Jennings(B-J)[1989]首先运用噪声(noisy)理性预期均衡分析了价格序列的信息功能。在噪声理性预期模型中，价格不仅受到私人信息的影响，同时也受到供给不确定性的影响。供给不确定性主要用于描述那些同信息没有关系的暂时性的价格效应。由于不确定性的来源很多，因此交易者不能迅速区分私人信息对价格的影响和供给不确定性对价格的影响。

B-J 模型是一个标准的理性预期模型，在该模型中，资产的供给是外生地给定的随机变量。B-J 模型实际上是一个两时期模型，他们假设交易者 i 在时期 1 和 2 交易风险资产和无风险资产，$i=1,2,\cdots,N$，并考虑了 $N\to\infty$ 时的极限情况。在时期 1 之前每位交易者拥有数量为 w_i 的风险资产禀赋。在时期 2 结束时，风险资产支付的清算股利(收益)为 Ψ，交易者关于 Ψ 的先验看法是 $\Psi\sim N(\Psi_0, 1/\rho_0)$。B-J 假设所有的随机变量都是独立同分布的正态分布随机变量。

假设交易者的目标函数是最大化其负指数形式效用函数：

$$U(w_i)=-\exp(-Rw_i\mid\Phi_0) \tag{7-1}$$

这里 R 是绝对风险厌恶系数，Φ_0 是公共的先验信息，w_i 是交易者 i 的财富。很显然，B-J 假设交易者的行为是短视的，即他们只关注于当期的效用，因而各时期之间的决策不相关。这一假设在简化了问题的同时忽视了跨时期联系。

在时期 1，每一位交易者收到关于清算股利的信息 η_i：

$$\eta_i = \Psi + \varepsilon_i \tag{7-2}$$

其中 $\varepsilon_i \sim N(0, \delta_i)$。在极限状态下，必定有 $\sum_{i=1}^{N}(\eta_i/N) \to \Psi$，也就是说，所有交易者的信号的加总是资产价值的无偏估计。

假设资产供给由外生随机变量 X 决定，因此，每一位交易者的供给是 $x = X/N$。假设每一位交易者的需求用 d_i 表示，$i = 1, 2, \cdots, N$，则有：

$$\sum_{i=1}^{N} d_i = X \tag{7-3}$$

如果单位化，有：

$$x = \sum_{i=1}^{N} d_i / N \tag{7-4}$$

这里需求 d_i 取决于每位交易者的信息集。在给定信息集 Φ_0 的情况下，每一位交易者都预期均衡价格函数，并据以决定其需求 d_i。在理性预期均衡状态下，每一位交易者预期的价格函数是正确的，从而使得供求平衡。

假设在时期 1，交易者推测的价格函数为线性函数：

$$p = \alpha \Psi_0 + \beta \sum_{i=1}^{N} \eta_i / N - \gamma x \tag{7-5}$$

这里参数 α, β, γ 由均衡状态决定。也就是说，价格被假设为资产清算价值、交易者信号和总供给的函数。由第五章第一节可知，交易者的需求为：

$$d_i = \frac{E[\Psi \mid \Phi_i] - p}{Var[\Psi \mid \Phi_i]} \tag{7-6}$$

假设交易者 i 知道均衡价格 p 及他的私人信号 η_i，则 $\Phi_i = (\eta_i, p)$。B-J 证明，在均衡状态下，仅有时期 1 或时期 2 的

价格是不足以揭示私人信息，因此，未知情交易者不能依靠观察一个时期价格来推测出私人信息。但是，在两时期模型中，交易者可以观察到价格序列(p_1, p_2)。B-J 证明，在一般情况下，p_1 和 p_2 相结合就可以充分揭示信息，因此，价格序列可以提供单个价格不能提供的信息。

7.1.2 Grundy 和 McNichols 关于价格序列的信息含量的分析

Grundy 和 McNichols(G-M)[1989]在《交易与通过价格、直接披露的信息揭示》(*Trade and the Revelation of Information through Prices and Direct Disclosure*)一文中运用一个两时期模型分析了价格序列的信息含量。虽然 G-M 模型也是一个噪声理性预期模型，但是他们并没有假设存在外生的供给不确定性，相反，他们假设每一位交易者 i, $i=1,2,\cdots,N$，都收到资产禀赋 w_i, w_i 是独立同分布的正态随机变量，$w_i \sim N(\mu_x, \sigma_x^2 N)$，而总的资产供给 X 由这些禀赋决定的。可以证明，平均每个交易者的供给为 $x=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}w_i$, $x \sim N(\mu_x, \sigma_x^2)$。同 B-J 一样，G-M 也考虑 $N\rightarrow\infty$ 的极限情况。由于禀赋变化的方差取决于交易者的数目 N，因此，在 $N\rightarrow\infty$ 的极限情况下，每个交易者禀赋的方差会变得无穷大，从而无法从其禀赋实现值推测总的资产供给，也就是交易者不能从他们的禀赋中推测到任何有用的信息。

在该模型中，G-M 假设交易者 i 在时期 t 收到的信号为 $Y_t^i=\Psi+w_t+\epsilon_t^i$，其中 Ψ 是风险资产的期末价值，其均

值为 μ_Ψ，方言为 σ_Ψ^2；w_t 是公共误差项，其均值为零，方差为 σ_w^2；ϵ_t^i 是具体误差项，其均值为零，方差为 σ_ϵ^2。这种信息结构意味着不仅没有交易者知道资产的真实价值，同时，由于公共误差项 w_t 的存在，所有的交易者的加总也无法有充分的信息来决定资产的真实价值。

同所有理性预期模型一样，为求解该模型的均衡，我们需要确定价格函数 P，使得由该价格函数推测出的价格不仅使交易者对资产的供求相等，同时该推测的价格就是均衡时市场上出现的价格。G-M 假设交易者的目标是极大化其负指数形式的效用函数，其中 $a_i \in [a_L, a_U]$是交易者 i 的绝对风险厌恶系数，$a_L>0$，$a_U<\infty$。

$$U(w_i) = -\exp[-a_i w_i] \tag{7-7}$$

先考虑一个单时期模型。假设交易在时期 1 发生，其市场出清价格为 p_1。对交易者 i 来说，他需要决定风险资产的持有量 x_{i1}，以使其期末财富的预期效用最大化，即有：

$$\begin{aligned}&\underset{x_{i1}}{\text{Max}}\ E[-\exp(-a_i w_i \mid \Phi_{i1})]\\ &s.t.\quad w_i = (w_i p_1 - x_{i1} p_1)R - x_{i1}\Psi\end{aligned} \tag{7-8}$$

其中 R 是无风险资产收益率与 1 之和，Φ_{i1}是交易者 i 在时期 1 的信息集。

假设价格是信号和不可观察的供给的线性函数：

$$p_1 = \alpha_1 + \beta_1 \overline{Y} + \gamma_1 X \tag{7-9}$$

这里 $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ 是由均衡决定的参数，$\overline{Y}$ 是平均私人信号，$\overline{Y} = \lim_{N\to\infty}\sum_{i=1}^{N}\frac{Y_1^i}{N} = \Psi + w_1$。给定该线性定价规则，可以求解出参数 α_1、β_1 和 γ_1。

在两时期模型中，在时期 2 又有交易发生，但是资产的

供给 x 的实现值被假设是固定的，并不受交易过程的影响。但是，由于交易者可以在两个时期内进行交易，同时交易者根据 p_1 来决定他们在时期 1 的交易需求，而在第二时期开始前又没有新的信息，因此，交易者仍将提出相同交易的需求，从而使得市场再次以 p_1 出清。对交易者来说，继续持有原来的风险资产是最优的，因而第二时期的交易量应该为零。也就是说，时期 2 的均衡和时期 1 的均衡是相同的，交易者并不能从时期 2 的交易中学到什么新信息，$\overline{Y}$ 仍是未知的。但是如果时期 2 也存在线性理性预期均衡，即有：

$$p_1 = \alpha_1 + \beta_1 \overline{Y} + \gamma_1 X \tag{7-10}$$

$$p_2 = \alpha_2 + \beta_2 \overline{Y} + \gamma_2 X \tag{7-11}$$

并且有：

$$\frac{\beta_1}{\gamma_1} \neq \frac{\beta_2}{\gamma_2} \tag{7-12}$$

那么，价格序列(p_1, p_2)完全揭示 $\overline{Y}$。两个定价方程之间的线性无关性可以使得交易者解出这两个方程中的未知数：$\overline{Y}$ 和 X。G-M 证明，存在揭示 $\overline{Y}$ 的线性理性预期均衡的充要条件是：

$$\sigma_w^2 \leqslant \frac{\sigma_\varepsilon^2 \sigma_\Psi^2}{4(\sigma_\Psi^2 + \sigma_w^2)} \tag{7-13}$$

G-M 证明，在揭示 $\overline{Y}$ 的线性理性预期均衡中，在时期 2 交易者提交的需求取决于 p_2 和 p_1。这是因为，尽管 p_2 的决定取决于 p_1，但是 p_2 不是 p_1 的充分统计量。在时期 2 的交易后，$\overline{Y}$ 可以被揭示出来，但是仅有 p_2 是不足以揭示 $\overline{Y}$ 的，必须联合 p_1。

G-M 用两时期模型考察噪声理性预期均衡中价格序列的信息含量，其中均衡可以分成两类，在这两类均衡下，价格序列的信息含量是各不相同的。在第一类均衡中，时期 1 的市场出清价格部分揭示信息，并且随后的价格序列不包括任何新的信息。在这种情况下，交易者在时期 2 的交易仅是为了适应供给冲击。由于交易者对未来价格有一致的看法，因此，在时期 1 他们的资产分配就是帕累托最优的，所有的交易在时期 1 发生。

在第二类均衡中，不仅时期 1 的市场出清价格揭示部分信息，同时，交易者可以从此后的价格序列中学到更多的有关交易者信号均值的信息。在这种情况下，价格序列有信息含量，交易者对未来价格不一定有一致的看法，因而也不会在时期 1 就有帕累托最优的资产分配，交易不仅在时期 1 发生，而且也会在时期 2 发生。

7.1.3 对 B-J 模型和 G-M 模型的评价

B-J 模型和 G-M 模型都分析了理性预期模型中的价格调整过程，他们认为，价格向反映全部信息的资产真实价值的调整过程不是自动的。

在非对称信息情况下，价格具有双重作用：它不仅出清市场，同时又具有信息加总功能。价格的信息加总功能表明，价格序列所提供的信息会超过单个价格所提供的信息。根据价格调整过程，未知情交易者不仅可以从单个价格，也可以从多个价格的序列中学习信息，正是这种学习过程使得价格最终反映全部信息。

价格序列的信息含量分析的实践意义在于，它为在市

场上广为使用的技术分析的有效性提供了理论证明。

7.2 交易量

长期以来，交易量一直被认为是影响价格调整过程的重要因素，技术分析中常见的"量价配合原理"就说明了这一点。实证检验结果也证明了在交易量和价格变化的绝对值之间有显著的关系。但是，虽然价格变动和交易量之间的联系很紧密，但是，其中的原因却不是很清楚。

在考察知情交易者所掌握的私人信息对价格行为影响的模型中，价量关系是被忽略的。如在 Kyle[1985]对知情交易者交易策略的分析中，交易量不影响价格调整过程，原因在于知情交易者会调整其交易数量使得他提交的知情交易相对于未知情交易而言份额不变，因而价格仍保持不变，价格调整过程独立于交易量。

在序贯交易模型中，价量关系同样是被忽略的。对做市商而言，由于与知情交易者交易的概率不随时间变化，因而总的交易指令的数量会引起价格变化，但交易量本质上不会影响价格的波动。事实上，做市商并不把交易当作知情交易者所掌握的私人信息的指示器，因为所有的相关信息都已经包含在单笔交易中了。

但是，作为市场参与者能从市场上观察到的主要数据之一，交易量的确影响了交易者的交易策略、做市商的定价策略。如同交易者可以通过观察价格得到信息一样，交易者也可以通过观察交易量得到信息。最可能的情况是，交易者通过观察价格和交易量两者所得到的信息会超过单单

观察价格所能得到的信息。

考察交易量的信息含量的主要工具是理性预期模型。这里主要有两种分析方法;第一种方法分析拥有传递信息的不同信号的交易者都交易时出现的交易量,从而用考察交易量和交易者差异(在信息和私人投资机会两方面)之间的关系来分析价格变动和交易量之间的关系;第二种方法着重分析交易量中所隐含的信息,并运用贝叶斯学习过程来分析交易者从观察到的交易量中学习到的信息。

7.2.1 Wang 的分析

第一种分析方法以 Wang[1994]的论文为典型。Wang 考察了股利及私人投资机会这样的因素和交易量之间的关系,以及这种关系对价格行为的影响。他们的结论是,交易量同股票价格绝对变化量和股利正相关,并且知情交易和未知情交易会导致交易量和股票收益之间的不同动态关系。

Wang 认为,交易者之间的差异会导致交易量的差异,因此,通过研究交易量和价格之间的动态关系,我们可以发现交易者的差异是如何影响资产的价格行为的。Wang 建立了一个均衡模型,在该模型中交易者在信息和私人投资机会两方面存在差异,并且他们都由于信息和非信息方面的理由理性地进行交易,其结论是,交易者之间的差异会导致不同的交易量,以及不同的价量关系。它意味着交易量可以传递有关市场定价正确程度的信息。

Wang 假设了存在两种可交易资产(一种风险资产如股票和一种无风险资产)以及私人投资机会的市场环境。

交易者拥有不同的私人投资机会和关于股票未来股息的不同信息。知情交易者拥有关于股票未来股息的私人信息，而未知情交易者不具有这些信息，它只能从已往的股息、价格等公开信号中推测未来的股息。在收到私人信息时知情交易者进行知情交易，同时，在他们的私人投资机会变化时，知情交易者也会最优地重新平衡他们的资产组合，后者导致知情交易者也进行非知情交易。相反，未知情交易者只能进行未知情交易。因为并非所有的知情交易考进行的交易都是知情交易，因此，在推测该交易是未知情时，未知情交易者愿意进行交易以获取超常收益。

7.2.1.1 信息差异对交易量的影响

由于未知情交易者不能完全确定知情交易者进行每一笔交易的动机，因此他们面临着与知道私人信息的知情交易者进行交易的危险。随着两类交易者间信息不对称程度的增加，未知情交易者所面临的逆选择问题会增加，因而他会选择不进行交易以减少受损失的可能性，从而交易量会减少。

在 Wang 的模型中，由于交易者是风险厌恶的，因而交易往往是伴随着价格变动而发生的。例如，当一组交易者出于重新平衡资产组合需要而卖出股票时，股票价格只有下降才能吸引其他交易者买入。随着信息不对称程度的增加，未知情交易者向知情交易者购买股票时会要求更高的价格折扣，以抵补与拥有私人信息的知情交易者交易所带来的风险。因此，交易量往往是与价格变化的绝对值，即超额收益的绝对值正相关的，并且随着信息不对称程度的增加，这种关系会更进一步增强。

Wang证明，在信息不对称情况下，关于股票未来股息的公开信息会导致非正常交易。在不存在信息不对称时，价格会充分调整到反映所有关于未来股息的新信息的水平上。但是，如果在交易者之间存在着信息不对称，那么他们根据未来股息的公开信息所进行的更新预期的过程会有所差异。这种在相同信息情况下产生的价格更新过程差异会导致交易。信息不对称程度越高，则在公开信息到达时非正常交易的交易量越大，这似乎可以解释，为什么在盈利宣布这样的可预测事件前后交易量会激增。

7.2.1.2　私人投资机会差异对交易量的影响

Wang区分了交易者之间的两类差异：投资机会之间的差异和信息不对称。这两类差异会导致交易量和收益之间不同的动态关系。在不存在信息不对称时，如果私人投资机会发生变化，那么交易者交易的目的仅是重新平衡其资产。在这种情况下，交易往往伴随价格的变动而发生，并且价格变化的方向往往是与交易目的相反的。例如，当某些交易者出于资产组合需要而出售股票时，交易量必定伴随着价格下跌，以吸引其他交易者买入，但是股价的下跌与股票的未来股息是没有关系的。因此当前价格下跌并且交易量会上升，导致未来收益上升。

但是，在信息不对称情况下，未知情交易者面临着可能与拥有私人信息的知情交易者交易的风险。因此，未知情交易者的交易由两类交易组成。其一，随着真实经济状况的暴露，未知情交易者会认识到以往交易的错误并试图进行修正头寸的交易。其二，未知情交易者会预测知情交易者的未知情交易的需要，从而增加新的头寸。未知情交易

者的这两类交易会导致交易量和收益之间的不同动态关系。在前一种情况下，已实现的较高收益表明未知情交易者低估了股票价值，并在股票上投资不足，因而他们需购买更多的股票，并且预期的未来收益将增加。在后一种情况下，已实现的较高收益表明是知情交易者出于未知情原因的购买压力导致价格上升，但是，价格的增加与股票的未来股息不相关，因此，未知情交易者在高价位上卖出他们的股票，从而使得预期的未来收益下降。由于交易量并不表明交易的类型，因此，当前收益和交易量对未来收益的影响会因这两类交易的重要程度而不同。如果第一类交易占优，那么伴随着巨额交易量的高收益表明未来收益较高；反之，如果第二类交易占优，那么伴随着巨额交易量的高收益表明未来收益较低。很明显，第一类交易只有在存在知情交易时才会发生。因此，知情和未知情交易会导致交易量和收益之间的不同动态关系。

Wang对交易量和收益之间关系的实证检验也比较有新意。同其他关于交易量与价格变动、盈余宣布之间关系的实证模型一样，Wang也假设了竞争性市场。但是，Wang的分析在两个重要方面扩展了现有的竞争模型。首先，它是一个完全的动态模型，交易者采用动态交易策略以使整个生命周期内的预期效用最大化，因此，我们可以考察交易量的动态行为以及它与收益行为之间的关系。其次，Wang的模型同时分析了知情交易者和未知情交易者的最优交易策略，这是它与常用的噪声理性预期模型的不同之处。在传统的噪声理性预期模型中，未知情交易是作为流动性交易(噪声交易)引入模型的，并且不分析未知情交易者的交

易目的。但是,这种方法假设未知情交易是外生的,因而并不适用于分析交易量的变化规律。

正如 Wang 自己所指出的,他的分析对于实证研究有着重要的意义。考察交易者差异的模型的重要问题之一是如何确定不同交易者间差异的性质。由于交易者之间的差异,如财务约束、非交易收入、信息等方面的差异是不能直接观察的,因而只有价格数据并不足以确定交易者之间的差异。因此,Wang 认为,同时考察收益和交易量的联合变化有利于确定交易者之间的内在差异。

但是,同其他所有理性预期分析一样,在 Wang 模型中,交易量只不过是交易者最优需求的结果,其作用只是出清市场,它不能向交易者提供任何信息,也不能被交易者用于决定最优需求是多少。这一缺陷的原因在于,Wang 的模型没有考虑交易者的学习问题。

7.2.2 Blume-Easley-O'Hara 的分析

Blume-Easley-O'Hara(BEO)[1994]考察了交易者如何从价格和交易量数据中学习信息,他们的模型是用于分析价格序列信息含量的 Brown-Jennings 模型和 Grundy-McNichols 模型的简化。但是与他们的模型不同,BEO 建立了一个新的均衡模型,在该模型中,总的供给是固定的,并且交易者收到的信号的质量(精确程度)是不同的,以此来说明交易量的信息含量。他们的结论是,交易量提供了关于信号质量的信息,而这是价格所不能提供的。

BEO 首先分析了 Brown-Jennings 模型和 Grundy-McNichols 模型中交易量的作用,然后分析了这些标准理性预

期模型中包含的问题，并指出，必须对这些模型进行适当修改才能对价格和交易量信息进行有效分析。

BEO 模型考虑了一个多次交易的资产市场，市场上存在着一种无风险资产和一种风险资产，并且不存在外生的资产供应，即资产的总供给是固定的。风险资产的真实价格用随机变量 Ψ 表示，$\Psi \sim N(\Psi_0, 1/\rho_0)$，所有交易者都拥有该共同信息。所有的交易者都是为了最大化效用，其效用函数为 $U(w_i) = -\exp(-w_i)$。

同前两个模型一样，BEO 模型假设存在 N 名交易者，并且考察 $N \to \infty$ 时的市场情况。每一名交易者在每一个交易时期都收到关于资产真实价值的信号，但收到的信号的分布有所不同。其中第一组交易者 $N_I = uN$ 在时期 t 收到的信息为 $y_t^i = \Psi + w_t + e_t^i$，$i = 1, 2, \cdots, N_I$；第二组交易者 $N_U = (1-u)N$ 在时期 t 收到的信息为 $y_t^i = \Psi + w_t + \epsilon_t^i$，$i = 1, 2, \cdots, N_U$，其中 w_t 是公共误差项，$w_t \sim N(0, 1/\rho_w)$；e_t^i，ϵ_t^i 是剩余误差项，$e_t^i \sim N(0, 1/\rho_t^1)$，$\epsilon_t^i \sim N(0, 1/\rho^2)$，其中 ρ^2 是已知的固定项。显然，第一组交易者收到的信息的精确程度 ρ_t^1 是一个随机变量，并且 ρ_t^1 只为第一组交易者知晓。信号精确程度的变化意味着信号的质量随时间而变化，因此，在 BEO 模型中，信息结构比较复杂，不仅信号的水平是未知的，并且信号的精确程度也是未知的。

BEO 模型假设，开始交易时，每一名交易者的风险资产禀赋为零，无风险资产的外生禀赋为 N_0，并假设无风险资产的价格为 1。由交易者的效用函数是负指数形式的，并且资产真实价值是正态分布可知，因此交易者对风险资

产的需求是独立于其初始财富的。

BEO首先计算了交易者对风险资产的需求，以求得均衡价格和交易量。对第一组交易者来说，每一个信号 y_t^i 的分布为 $N(\Psi, 1/\rho_t^{s1})$，其中 $\rho_t^{s1}=\rho_w\rho_t^1/(\rho_w+\rho_t^1)$。相应地，对第二组交易者来说，每一个信号 y_t^i 的分布为 $N(\Psi, 1/\rho^{s2})$，其中 $\rho^{s2}=\rho_w\rho^2/(\rho_w+\rho^2)$。如果对 w_t 取条件值，则对第一组交易者来说，$y_t^i \sim N(\theta_t, 1/\rho_t^1)$，对第二组交易者来说，$y_t^i \sim N(\theta_t, 1/\rho^2)$。这里 $\theta_t=\Psi+w_t$。由强大数定律可知，在 $N\to\infty$ 时，每一组中信号的均值 $\bar{y}_t^1$ 和 $\bar{y}_t^2$ 都几乎确定地收敛于 θ_t，即信号均值几乎确定地等于资产的真实价值加上公共误差。

为简化起见，BEO首先考察一个两时期模型。假设交易者是短视的，他只根据每一时期的情况决定对风险资产的需求以使预期效用最大化。假设风险资产价格为 p_1，则依据 Brown-Jennings 模型的结论可知，第一组交易者 i 对风险资产的第一时期需求为：

$$\rho_0(\Psi_0-p_1)+\rho_1^{s1}(y_1^i-p_1) \tag{7-14}$$

相应地，第二组交易者 i 对风险资产的第一时期需求为：

$$\rho_0(\Psi_0-p_1)+\rho^{s2}(y_1^i-p_1) \tag{7-15}$$

在均衡时，有：

$$\frac{1}{N}\Big[\sum_{i=1}^{N_1}(\rho_0(\Psi_0-p_1)+\rho_1^{s1}(y_1^i-p_1)) + \sum_{i=N_1+1}^{N}(\rho_0(\Psi_0-p_1)+\rho^{s2}(y_1^i-p_1))\Big]=0 \tag{7-16}$$

因此，第一时期的均衡价格为：

$$p_1=\frac{\rho_0\Psi_0+u\rho_1^{s1}\bar{y}_1^1+(1-u)\rho^{s2}\bar{y}_1^2}{\rho_0+u\rho_1^{s1}+(1-u)\rho^{s2}} \tag{7-17}$$

由强大数定律可知，在 $N \to \infty$ 时，有：

$$p_1 = \frac{\rho_0 \Psi_0 + [u\rho_1^{\varepsilon 1} + (1-u)\rho^{\varepsilon 2}]\theta_1}{\rho_0 + u\rho_1^{\varepsilon 1} + (1-u)\rho^{\varepsilon 2}} \tag{7-18}$$

该均衡价格的一个重要性质是它不能揭示信息，这是因为第二组交易者并不知道 $\rho_1^{\varepsilon 1}$，因而他们无法由均衡市场价格 p_1 来推测到 θ_1。因此，虽然价格反映了所有信息，但是第二组的交易者没有足够的信息来判断资产的真实价值。相反，由于第一组交易者知道 $\rho_1^{\varepsilon 1}$ 和 $\rho^{\varepsilon 2}$，因而他们能从均衡价格中推测出 θ_1，从而知道资产的真实价值。

因为第二组交易者不能只从价格来推测 θ_1，因而他们有观察交易量以进一步获取信息的动力。很明显，在第一时期，总的交易量等于在价格 p_1 上的总的需求量除以 2，考虑到交易者数目 N，有：

$$V_1 = \frac{1}{2}\frac{1}{N}\Big[\sum_{i=1}^{N_1}\big(\rho_0(\Psi_0 - p_1) + \rho_1^{i1}(y_1^i - p_1)\big) + \sum_{i=N_1+1}^{N}\big(\rho_0(\Psi_0 - p_1) + \rho^{\varepsilon 2}(y_1^i - p_1)\big)\Big] \tag{7-19}$$

(7-19)式所表示的交易量的分布比较复杂。这是因为，虽然需求中的变量是正态分布的随机变量，但是由于交易量是用绝对值表示的，因而它不是服从正态分布的。*BEO* 分析了交易量的性质，指出，在 $N \to \infty$ 时，给定 θ_1，则可以写出单位交易量 V_1 的统计量表达式，其中既包括 θ_1，也包括 ρ_1^1。由(7-18)可知，

$$\theta_1 - p_1 = \rho_0(p_1 - \Psi_0)/[u\rho_1^{\varepsilon 1} + (1-u)\rho^{\varepsilon 2}] \tag{7-20}$$

将它代入 V_1 的统计量表达式，可以将交易量 V_1 写成市场参数 $\rho^{\varepsilon 2}$、ρ^2、Ψ_0、u、ρ_0、p_1、$\rho_1^{\varepsilon 1}$、ρ_1^1 的表达式。运用该交易

量的表达式，我们可以发现交易量和信号之间的关系。给定价格 p_1，则交易量传递了关于信号质量 ρ_1^1 的信息，从而使得第二组交易者可以从 p_1 中推测到 θ_1，因此，如果交易者可以同时观察到价格和交易量，那么交易量可以提供关于 θ_1 的额外信息。

BEO 进一步证明，如果 $\rho_1^1 \in (\rho^2, \rho_w)$，那么随着第一组交易者的信号的精确程度的增加，交易量也在增加。为说明这一点，假设 $\rho^2=0$ 且 $\rho_1^1>0$，考察给定价格 p_1 时，信号精确程度 ρ_1^1 变化对交易量影响，有：

$$\frac{\partial V_1}{\partial \rho_1^1}=\frac{u}{2}\varphi\left(\delta_1 \frac{\rho_w+\rho_1^1}{\rho_w(\rho_1^1)^{1/2}}\right)\left(\frac{\rho_w}{(\rho_1^1)^{1/2}}\right)\left(\frac{(\rho_w-\rho_1^1)}{(\rho_w+\rho_1^1)^{1/2}}\right) \tag{7-21}$$

其中 φ 是标准正态密度函数。因此，若 $\rho_1^1<\rho_w$，则随着第一组交易者信号的精确程度 ρ_1^1 的增加，单位交易量 V_1 也在增加；反之，若 $\rho_1^1>\rho_w$，则单位交易量 V_1 随 ρ_1^1 的增加而减少。

该结论的经济意义是直观的。如果第一组交易者收到低质量的信号，即 ρ_1^1 接近于零，那么这些信息十分分散，从而第一组交易者并不能确定它们是多少。在 $\rho_1^1=0$ 的极端情况下，不存在有用的信号，唯一可能的结果是 $p_1=\Psi_0$，并且交易量为零。相反，如果 ρ_1^1 很大，$\rho_1^1>\rho_w$，那么，第一组交易者将得到高质量的信号，但是这些信号是高度相关的，在 $\rho_1^1\rightarrow\infty$ 时，第一组交易者都收到相同的信号，因而相互间没有交易发生，所有的交易将只在第一组交易者和第二组交易者中发生，从而使得交易量下降。因此，虽然交易量也是低的，但是原因是不同的。上述结论说明，认为在信息和交易量间存在简单的线性关系的看法是错误的，小的

交易量和大的交易量一样，都可能是新信息的指示器。

BEO还证明，在给定信息精确程度 ρ_1^i 的前提下，交易量与价格的关系是凸性的，并且在价格等于资产的后验预期价值，即 $p_1=\Psi_0$ 时，交易量最小。这是因为 $\frac{\partial^2 V_1}{\partial p_1^2}>0$，并且 $\frac{\partial V_1}{\partial p_1}|_{p_1=\Psi_0}=0$。这种交易量和价格之间的凸性关系，或者说 V 字形关系表明，在交易量和价格变化的绝对值之间存在着明显的正相关关系。价格变化越大（或正或负），交易量也往往越大。因此，价格变动的绝对值与交易量正相关。这种交易量与价格之间的 V 形关系同所有股票市场上价量关系的实证检验相一致，并且这种关系也为期货市场所证实。

BEO进一步考察了信号的质量（精确程度，用 ρ_1^i 表示）和数量（分散程度，用 u 表示）对价量关系的影响，其结论主要包括两个方面。其一，虽然信号的质量越高（即精确度越高，ρ_1^i 越大）会导致价量关系越明显，但是它并不改变总体 V 形关系。事实上，随着精确程度趋向于无穷，价量关系表现为一条简单的 V 形折线。这表明，价量之间的 V 形关系具有一定的普遍性。其二，随着信息在交易者中的广泛传播，V 形会逐渐变得平坦乃至消失，即价格变化绝对值和交易量之间的正相关关系的敏感程度（斜率）会受到信息扩散程度的影响。但是，即使信息传播得非常广泛，价格变化绝对值和交易量之间的正相关关系仍存在。

BEO认为，“把交易量作为看法准确程度的信号，意味着交易量向市场提供了价格不能提供的信息。”在给定价格

的情况下，只要 $\rho_1^i > \rho^2$，并且知道 ρ_1^i 大于还是小于 ρ_w，那么交易量将揭示 ρ_1^i。假设 $\rho_1^i \in (\rho^2, \rho_w)$，那么，在 $N \to \infty$ 时，(p_1, V_1)可以揭示出(ρ_1^i, θ_1)，也就是说，通过观察交易量和交易价格，交易者能推测出市场上存在的全部信息。

尽管如此，交易者仍不能知道资产的真实价值 Ψ，因此，价格和交易量不能完全揭示信息。这就意味着交易者在决定资产真实价值时面临着一个学习问题，由于新信号是每个时期到达的，因此，价格和交易量的序列会向所有市场参与者提供信息。

为考察价格和交易量的时间序列所提供的信息，BEO将模型扩展至多时期。多时期模型与单时期模型的差别在于，在多时期模型下，交易者依据贝叶斯规则来不断更新其后验看法的均值和方差，并将它们作为下一时期的先验看法。多时期模型的结论同单时期一样，若 $\rho_1^i \in (\rho^2, \rho_w)$，$(p_t, V_t)$将揭示$(\rho_t^i, \theta_t)$。

但是，在多时期模型中，可以证明，均衡价格最终几乎确定地收敛于资产的真实价值 Ψ。这是因为所有交易者运用价量数据来推测 θ_t 的序列，但每一个 θ_t 都是正态分布，其均值为 Ψ，因此，由强大数定律可知，每一位交易者的后验均值将收敛于 Ψ，并且后验方差将趋向于零。在极限状态下，每一位交易者都知道 Ψ，因而价格为 Ψ，并且没有交易发生。

7.3 交易时间性

时间因素在一般的市场微观结构理论中是不受重视

的。在 Kyle 的批量交易模型中，做市商定期收集所有的交易指令并设定唯一的市场出清价格。因此，每个交易者的指令的到达时间对做市商来说是无关紧要的。在序贯交易模型中，交易指令被假设成按照一定的概率结构到达市场，因此，在这其中不存在时间因素。在这些模型中，由于时间本身没有信息含量，因此，交易的时间性与价格行为无关。

但是，交易的时间性也可能同资产的真实价值有关，特别是同信息发生过程有关。如果市场参与者能够从观察交易的时间性中学习到信息，那么价格对信息的调整过程就会与时间有关。

Diamond 和 Verrecchia[1987]考虑了市场卖空限制对交易密度的影响，从而说明价格对好消息和坏消息的调整速度是不对称的。Easley 和 O'Hara[1987]则考虑交易的时间性同新信息的存在性之间的关系，对此，我们已经在第四章第二节作了详细介绍，这里就不再赘述了。

7.3.1 Diamond 和 Verrecchia 的分析框架

Diamond 和 Verrecchia(D-V)对卖空限制与证券价格行为之间关系的分析的出发点是：如果在某些情况下交易者不能进行交易，那么，市场上出现没有交易的情况就意味着这些情况的出现。

在现实市场上，卖空限制会以各种方式出现：在有些市场上，卖空是绝对禁止的；而在某些市场上，卖空只有在特定的情况下才能进行，典型的是 NYSE 的安排，该交易所规定，卖空的价格必须至少高于现行价格一个最小价格变动单位(tick)；其他的情况往往是"处理程序的限制"，即卖

空者在卖空后不能马上取得资金，从而无法解决流动性问题。所有卖空限制的实质是提高卖空的成本，它会在一定程度上影响交易者的交易决策，进而影响价格行为。

根据卖空交易的成本不同，D-V 将所有交易者分成三类。第一类比例为 C_1 的交易者在卖空时没有成本，而第二类比例为 C_2 的交易者存在着一定的卖空成本；其余第三类比例为 $C_3 = 1 - C_1 - C_2$ 的交易者则根本被禁止卖空。

D-V 建立了一个序贯交易模型，在该模型中一个交易日共有 $t = 1, 2, \cdots, T$ 个交易时期。同 Glosten-Milgrom 模型一样，D-V 假设市场上存在着观察到私人信息的多个知情交易者，以及只观察到公开信息的未知情交易者，同时市场上只存在一名竞争性的、风险中性的做市商，他在每个交易时期报出买卖报价。

由于做市商只能观察到所有的交易指令而不能观察到私人信息，因此，他设定价格的原则是使来自知情交易者的损失等于来自未知情交易者的盈利，从而实现盈亏平衡。这样，做市商将买卖报价设定为，给定过去交易和本期交易信息情况下关于资产价值的条件期望值。

D-V 假设知情交易者的比例为 α，他们观察到资产真实价值的信号，或高或低，其概率相等；未知情交易者的比例为 $(1 - \alpha)$，他们出于外生的流动性需要进行交易。在每一个时期 t，一名交易者被选中，他可以进行交易。D-V 假设该交易者想要进行交易（买入或卖出一个单位资产）的概率为 γ，不想进行交易的概率为 $(1 - \gamma)$。该概率结构是外生的，因而交易与否的决策与资产的真实价值无关。

如果交易者想要卖出，但同时又不拥有资产，这时他可

以选择卖空。卖空的能力因交易者卖空的成本而异。对知情交易者而言，如果他知道好消息，那么他就不会卖空，卖空限制也就不会对他有任何影响；如果他知道坏消息，那么在他不拥有股票时，他会进行卖空。对第一类（C_1）、第二类（C_2）交易者而言，卖空是最优的。

对未知情交易者而言同样存在这些问题。如果他遭受正的流动性冲击，那么他卖出已拥有的股票或（在卖空不受限制 C_1 时）卖空股票。由于是出于流动性需要而进行交易的，因此，存在卖空限制的第二、第三类交易者不会进行卖空交易。

由该交易框架可知，有三种原因可以导致交易不发生。第一，被选择的交易者（无论知情与否）不想进行交易。由于该决定独立于有关资产真实价值的信息，因而这种原因导致的交易不发生没有任何信息含量。第二，如果面临正的流动性需要的未知情交易者因为卖空限制而不能卖出，那么交易不会发生。同样，由于这种决定独立于有关资产真实价值的信息，因而这种原因导致的交易不发生没有任何信息含量。第三，如果知情交易者被禁止进行卖空，那么，在他知道坏消息时就不能进行交易。只有在这种情况下，交易不发生的结果才表明存在关于资产真实价值的坏消息。

运用贝叶斯规则，交易者可以计算交易不发生确实是坏消息出现的概率，进而相应地调整其对资产真实价值的看法，因此，价格随着时间变化而变化的过程也受到交易不发生结果的影响。但是计算交易不发生对价格调整过程的动态影响是很复杂的。与第四章中所采用的计算价格调整

速度的熵方法不同，D-V 采用第一通过时间分析方法(first passage time approach)来衡量价格过程接近有效前所需经历的时间。

7.3.2 均衡及其性质

第一通过时间分析方法本质上就是计算做市商的价格超过预先设定的界限所需要的预期交易时期数 N。令

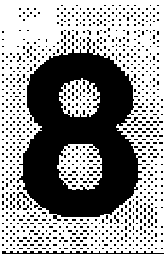
易期数 $\tilde{N}$，我们需计算 Λ^N 超过 Ψ 或 Φ 的时间，一旦出现 Λ^N 超过 Ψ 或 Φ，则做市商的看法(价格)就处于完全反映信息的可接受范围之内。

运用第一通过时间分析方法，D-V 证明，在禁止卖空的情况下，价格对新信息的调整过程会变慢，特别地，价格对坏消息的调整会变得更慢。但是，在卖空只受到处理程序的限制(C_2)，即不能在交易达成后马上收到卖出所得，但没有交易者被禁止卖空($C_3=0$)的情况下，价格对新信息的调整反而会变得更快。产生这种结果的原因在于，在知情交易者能够继续卖空、而未知情交易不能卖空的情况下，产生交易不发生结果的唯一原因是不存在新信息。这样交易不发生的时期就没有信息，所以，在发生卖出时信息含量反而会增加。也就是说，卖空限制的效应与卖空禁止不同，它可以提高市场效率，提高价格对坏消息的调整速度(相对好消息而言)。

在卖空限制影响知情交易者行为的前提下，D-V 认为它会对交易时间和价格行为之间的关系有两方面影响。第一，观察到的交易不发生是坏消息的信号。也就是说，在不发生交易的时期之后，买卖报价都应该下降以反应潜在的坏消息。第二，总的来说，卖空限制对市场效率有负面影响。在卖空限制的市场上，价格对信息的调整会变得缓慢，因而价格会变得“更低效率”，要花更长时间来反映全部信息。

最后，D-V 指出了他们的分析的重要意义，如减少卖空成本有利于提高价格对私人信息的调整速度，特别是对坏消息的调整速度；在交易不发生的时期往往有坏消息，因为它们表明被限制卖空的知情交易者拥有坏消息的机会在增

加。同时，它也意味着，在一段交易不活跃的时期之后，证券的收益一般会较低，这是因为在此之前的价格是可能被高估的。



中国证券市场有效性研究*

市场有效并不一定意味着服从随机游走，但随机游走确实意味着市场有效。因此，与所接受的理论相反的是，随机游走模型并没有很好地刻划市场特性，与此同时广为传授的有效市场假说（Efficient Market Hypothesis, EMH）也没有很好地得到实证支持。

因此，股票价格以何种形式来呈现市场信息？人们以何种方式对信息作出反应，线性的或是非线性的？中国股票市场存在状态持续性还是逆状态持续性？上海股票市场、深圳股票市场对信息的反映如何，即两个股票市场是否是有效市场？这些都是值得深入研究的重要问题。

本章从以下五个方面对上述有关问题进行论述，并结合实证研究的结论提出我们的看法：

第一，应用计量经济学中的协整理论对上海股票市场

* 本章是上海财经大学"211工程"建设项目研究课题。课题组负责人戴国强，课题组成员有徐龙炳、吴林祥、陆蓉。部分成果已陆续发表在《金融研究》、《经济学动态》、《镇江师专学报（社科版）》、《财经研究》和《预测》等杂志上。

与深圳股票市场股价指数之间的协整性进行了探讨，说明了上海股票市场与深圳股票市场股价波动之间的内在联系，并建立了其 ECM 和 ADL 模型，揭示了其长期调节与短期调节相结合的动态调节过程。

第二，将研究方法推广到混沌、分形、非线性动力学等，对资本市场的有效性作出探讨。从分形角度阐述分形市场分析方法，因为其特征看起来与实际所观察到的现象更接近一致，市场服从分数布朗运动，因而有效市场假说仅仅是分形分布族的一种特殊情形，即 $\alpha = 2$ 的情形。

第三，虽然股票市场，特别是成熟股票市场具有某种程度的、不同形式的有效性，但人们在不断发现支持有效市场假说证据的同时，也碰到一些与之相悖的现象，周末效应即是其中之一。中国股票市场是否也存在周末效应，对此问题我们进行了实证检验。

第四，*R/S* 分析法、*BDS* 统计检验是处理非线性问题中十分有效的工具：*R/S* 分析法不必假定潜在的分布是高斯分布，仅仅独立就可以。应用 *R/S* 分析法我们对中国股票市场的状态持续性问题进行了实证研究，以揭示其波动的集群性。*BDS* 统计检验是 Brock-Dechert-Scheinkman 根据 *GPT* 维数估计提出的一种统计分布理论，能够探测其他一些统计检验所忽视的非平稳性、非线性性。

最后，本章从混沌、分形角度进一步论述了经济系统的非线性问题。

8.1 中国股票市场的协整性研究

中国股票市场经过几年的发展，逐渐走向成熟、规范。人们十分关心的是：上海股票市场、深圳股票市场对信息的反应如何？两个股票市场是否是有效市场？

在一些对中国股票市场进行研究的文献中，将上海股票市场与深圳股票市场分别作为两个独立的市场来进行研究，似乎不妥。事实上，由于它们是相互影响、相互作用的，因此探讨这两个股票市场之间存在着怎样的内在关系则更为重要。那么，它们在反映股票市场波动性、风险性上具有什么特点？本节应用经济计量学中的协整理论对上述问题进行分析探讨。

8.1.1 单整检验——检验单位根

在进行协整性检验问题之前，必须先确认各个变量都是单整变量，即 $I(1)$的，否则的话，协整检验可能发生错误。为叙述简洁，我们引入定义：

SHANG、*SHEN* 分别是上证综合指数、深证成分指数每日收盘指数构成的时间序列；

D(*SHANG*)是 *SHANG* 的一阶差分序列，D(*SHEN*)是 *SHEN* 的一阶差分序列；

一般地，时间序列 X 滞后 i 阶的序列以 $X(-i)$表示($i=1,2,3,\cdots\cdots,n$)。

取下列样本作为研究对象：1993 年 2 月 1 日至 1998 年 5 月 15 日，计1 316个交易日，其中 8 个交易日[1993 年

9 月 17 日(台风),1995 年 2 月 6 日至 1995 年 2 月 10 日(节日),1995 年 8 月 4 日(卫星故障),1995 年 9 月 1 日(台风)],深圳证券交易所休市,剔除后实际交易日1 308个。

对时间序列 $X=\{x_t\}_{t=1}^{T}$ 的 ADF 检验的一般形式为:

$$x_t=\alpha_1\Delta x_{t-1}+\alpha_2\Delta x_{t-2}+\cdots+\alpha_p\Delta x_{t-p}+\alpha+\rho x_{t-1}+\beta t+\varepsilon_t$$

即 $$\Delta x_t=\alpha_1\Delta x_{t-1}+\alpha_2\Delta x_{t-2}+\cdots+\alpha_p\Delta x_{t-p}+\alpha+(\rho-1)x_{t-1}+\beta t+\varepsilon_t$$

原假设 H_0: $\rho-1=0$, 即 $\rho=1$; 备择假设 H_1: $\rho-1<0$, 即 $\rho<1$。接受 H_0, 意味着序列 X 含有单位根, 即序列 X 非平稳。对式中滞后阶数 p 的选择, 采用 Schwert[1989] 推荐的方法: p 的最大值为 $[12(T/100)^{\frac{1}{4}}]$, 其中 $[X]$ 表示 X 的最大整数部分, T 为样本观察值的个数。具体的检验工作直接在 Eviews 2.0 for Windows 软件上进行, 得到下列结果:

单位根 *ADF* 检验结果

变量	ADF 值	5%临界值	结论
SHANG	−2.519 8	−3.415 8	接受 H_0,不平稳
D(*SHANG*)	−8.829 3	−3.415 8	拒绝 H_0,平稳
SHEN	−1.899 9	−3.415 8	接受 H_0,不平稳
D(*SHEN*)	−8.826 9	−3.415 8	拒绝 H_0,平稳

注:(1)*ADF* 检验中包括常数项 α、趋势项 βt, 滞后阶数 p 的最大值为 22;(2)*ADF* 检验临界值(MacKinnon, 1991):1%显著水平为 −3.970 3,5%显著水平为 −3.415 8,10%显著水平为 −3.129 8。

由此可见, 在 5%的显著性水平下, *SHANG*、*SHEN* 都是 $I(1)$的, D(*SHANG*)、D(*SHEN*)都是 $I(0)$的, 即这两个时间序列 *SHANG*、*SHEN* 都是单整的。

8.1.2 协整性检验

SHANG、*SHEN* 都是 $I(1)$ 的，这样，我们就可以进一步讨论上证综合指数、深证成分指数之间是否存在协整关系。先引入协整定义。

所谓时间序列 $\{x_t\}$ 和 $\{y_t\}$ 是协整的，如果它们满足下列条件：(1) $\{x_t\}$ 和 $\{y_t\}$ 都是 $I(1)$，即它们是非平稳的，而其一阶差分是平稳的；(2)存在某个线性组合 $z_t = ax_t + by_t + m$ 是 $I(0)$ 的，且具有零均值，(a, b) 称为协整向量。

由定义可知，尽管两个变量序列都是非平稳的 $I(1)$，但两者之间的关系(即某个线性组合)却可能是平稳的。这两个 $I(1)$ 序列之间的这种稳定关系是对经济学、金融学中所说的规律性的定量描述。协整揭示了变量之间的一种长期稳定的均衡关系，是均衡关系在统计上的描述。因此，研究变量之间的协整关系等同于研究变量之间的定量规律，从而研究变量之间的协整关系也就成为研究变量之间是否均衡的前奏，具有重要意义。

另一方面，协整关系还有一种等价形式，即若 x_t 和 y_t 是协整的，则存在一种下列形式的误差修正模型(Error Correction Model，即 ECM)。在两个变量的情况下，其基本形式为：

$$\Delta x_t = m_1 + \rho_1 z_{t-1} + (\Delta x_t \text{ 和 } \Delta y_t \text{ 的滞后项}) + \varepsilon x_t \quad (8\text{-}1)$$

$$\Delta y_t = m_2 + \rho_2 z_{t-1} + (\Delta x_t \text{ 和 } \Delta y_t \text{ 的滞后项}) + \varepsilon y_t \quad (8\text{-}2)$$

其中$(\varepsilon x_t, \varepsilon y_t)$为二元白噪声，$z_t = y_t - Ax_t$，此外 ρ_1、ρ_2 至少有一个不为零。

误差修正模型与协整的关系，首先由 Granger[1981]提

出，并逐步发展成为协整系统的估计和检验[Engel 和 Granger, 1987]。如果 x_t, y_t 是协整的，那么上面两个方程中的各个分量都是 $I(0)$，因而这两个方程都是平稳的。但如果 x_t, y_t 都是 $I(1)$的，不协整，那么 z_t 将是 $I(1)$，由于 $I(1)$变量不可能解释平稳的 $I(0)$变量，因而这两个方程仅当 $\rho_1=0$ 且 $\rho_2=0$ 时成立，这种情况已由假定排除在外。由此可以看出，协整是误差修整方程(8-1)，(8-2)成立的必要条件。可以证明，其逆也成立，即协整变量正是可以看成是由误差修正方程所生成的，此即著名的 Granger 表示定理（Granger representation theorem）（Granger 和 Weiss [1983], Engel 和 Granger[1987]）。

误差修正模型把表示偏离长期均衡关系的项 $y_{t-1}-Ax_{t-1}$作为解释变量放进模型中，描述了对均衡偏离的一种长期调节。这样在误差修正模型中，长期调节 $y_{t-1}-Ax_{t-1}$和短期调节(含有 Δx_t 和 Δy_t 的滞后项)的过程同时被考虑进去。这种对稳定目标进行动态调节的想法最先由 Sargan[1964]提出，后经 Hendry 和 Anderson[1977], Davidson, Hendry, Srba 和 Yeo[1978], Granger[1981], Salmon[1982], Granger 和 Weiss[1983], Engle 和 Granger [1987]逐步发展成为一般的 ECM 模型，其优点在于提供了揭示长期关系和短期关系调节的途径，且协整理论也为处理和分析时间序列提供了统一的框架。

关于协整性检验，Johansen[1988], Johansen 和 Juselius[1990]提出了一种在 VAR 系统下用极大似然估计来检验多变量之间协整关系的方法，通常称为 Johansen 协整检验。

对序列 *SHANG*、*SHEN* 进行 Johansen 协整检验，结果如下：

Johansen 协整检验结果

样本：1 1 308 观察值：1 306 滞后：1 1

特征根	似然比	5%临界值	1%临界值	协整方程数
0.012 41	16.715 1	15.41	20.04	无
0.000 31	0.410 12	3.76	6.65	至多 1 个

标准化协整系数：一个协整方程

SHANG	*SHEN*	C	
1.000 000	−0.182 8	−431.551 2	
	(0.020 4)		

Johansen 协整检验表明：在 5% 的显著水平下拒绝原假设，接受备择假设，从而得到相应的协整向量为 (−0.000 259, 0.000 047 4)，标准化后的协整方程：

$$SHANG = 0.182\,8 \times SHEN + 431.551\,2 \quad (8\text{-}3)$$

[1]

(0.020 4)

或

$$SHEN = 5.471\,6 \times SHANG - 2\,361.259 \quad (8\text{-}4)$$

[2]

(0.611 8)

方程(8-3)、(8-4)表明，上证综合指数与深证成分指数

〔1〕 注意与由直接回归所得到的结果 *SHANG* = 0.183 9 × *SHEN* + 429.112 5比较

$R^2 = 0.83$ $S.E = 107.6$ $DW = 0.041$

〔2〕 注意与由直接回归所得到的结果 *SHEN* = 4.510 8 × *SHANG* − 1 517.065 4比较

$R^2 = 0.83$ $S.E = 532.9$ $DW = 0.033$

之间存在着长期均衡协整关系。

由此得到

$$\text{ECM}(SHANG) = SHANG - 0.1[illegible]2\,8 \times SHEN - 431.551\,2 \quad (8\text{-}5)$$

$$\text{ECM}(SHEN) = SHEN - 5.471\,6 \times SHANG + 2\,361.259 \quad (8\text{-}6)$$

分别代入上述误差修正模型方程(8-1)、(8-2)得到

$$\text{D}(SHANG) =$$

$$-0.031\,9 \times \text{ECM}(SHANG)(-1) + 0.079\,9 \times \text{D}(SHANG)(-3) \quad (8\text{-}7)$$

$$R^2 = 0.019\,9 \qquad S.E = 27.857\,8 \qquad DW = 2.056$$

$$\text{D}(SHEN) =$$

$$0.156\,9 \times \text{D}(SHANG)(-2) + 0.070\,3 \times \text{D}(SHEN)(-3) \quad (8\text{-}8)$$

$$R^2 = 0.008\,5 \qquad S.E = 72.367\,8 \qquad DW = 2.011$$

在估计方程(8-7)、(8-8)时，引入被解释变量的 5 期滞后，根据 *SC* 准则逐步降低，同时兼顾滞后系数的显著性($\alpha = 0.05$)而得到。

8.1.3 Granger 因果性关系检验

SHANG、*SHEN* 都是 $I(1)$ 的，而且是协整的，但两者之间的因果关系如何，我们采用 Granger 因果性检验(Granger causality test)来进行说明。所谓的 Granger 因果性是指：如果利用过去的 X 和 Y 的值一起对 Y 进行预测比单用 Y 的过去值来进行预测所产生的预测误差更小的话，就存在着从 X 到 Y 的因果关系，此时称 X 以 Granger 方式引致 Y，一般用 $X \rightarrow Y$ 表示，由此得：

$$X \rightarrow Y \Leftrightarrow \sigma^2(Y_t \mid y_{t-k}, k > 0) > \sigma^2(Y_t \mid y_{t-k}, x_{t-k}, k > 0)$$

为消除趋势因素对检验的影响，对时间序列 *SHANG*、*SHEN* 进行取对数，得到的序列分别以 *LSHANG*、

LSHEN 表示，并对 LSHANG、LSHEN 进行因果性检验。

Granger 因果关系检验结果

样本：1　1 308　　　　　滞后：1

原假设	观察值	F 值	P 值
LSHEN 没有在 Granger 意义下引致 LSHANG	1 307	13.621 9	0.000 23
LSHANG 没有在 Granger 意义下引致 LSHEN	1 307	7.070 7	0.007 93

在 $\alpha=0.05$ 的显著水平下拒绝 H_0，从而上证指数与深证指数在 Granger 意义下互为因果关系。上述检验结果说明上海股票市场与深圳股票市场相互影响，形成一个整体联动的股票市场，并且互为因果关系。股票市场的运作实践也充分说明了这一结论。

8.1.4 波动性分析讨论

从定义不难看出，D(SHANG)、D(SHEN)实际上分别代表了上证综合指数波动(涨跌)、深证成分指数波动(涨跌)的时间序列。由于 D(SHANG)、D(SHEN)均是 $I(0)$ 的，因此其滞后序列也是 $I(0)$ 的；这样其线性组合也是 $I(0)$ 的。

从误差修正模型(8-7)、(8-8)式来看，上证综合指数波动与深证成分指数波动对本期上证综合指数波动、深证成分指数波动存在着滞后效应，且具有同方向的惯性作用。但从 R^2 的值来看，存在着其他因素影响着上证综合指数的波动与深证成分指数的波动。从股票市场的运作来看，本期上证综合指数的波动在一定程度上影响着本期深证成分指数的波动；反之，本期深证成分指数的波动在一定程度上也影响着本期上证综合指数的波动。为此，对上证综合

指数波动、深证成分指数波动分别建立其 ADL 模型：

$$
\begin{aligned}
D(SHANG) = & -0.0849\times D(SHANG)(-1)+0.1115\times D(SHANG)(-3)\\
& \quad (0.0274) \qquad\qquad\qquad (0.0274)\\
& +0.2549\times D(SHEN)+0.0233\times D(SHEN)(-1)\\
& \quad (0.0081) \qquad\qquad (0.0107)\\
& -0.0359\times D(SHEN)(-3) \qquad\qquad (8\text{-}9)\\
& \quad (0.0106)
\end{aligned}
$$

$R^2=0.440 \qquad S.E=21.092 \qquad DW=2.001$

$$
\begin{aligned}
D(SHEN) = & -0.2380\times D(SHANG)(-3)+1.6980\times D(SHANG)\\
& \quad (0.0711) \qquad\qquad\qquad (0.0540)\\
& +0.1118\times D(SHEN)(-3)\\
& \quad (0.0275) \qquad\qquad (8\text{-}10)
\end{aligned}
$$

$R^2=0.435 \qquad S.E=54.653 \qquad DW=2.101$

8.1.5 结论

对上述各项结果进行统计分析，所作的解释和结论均具有一定的普遍性。

(1)方程(8-3)、(8-4)说明，上证综合指数与深证成分指数存在着长期均衡的协整关系，其相互作用表现为：本期上证综合指数与深证成分指数具有相同的趋势，两者互为因果关系。

(2)方程(8-5)中，当 ECM(*SHANG*)＞0 时，表明本期上证综合指数比按照长期均衡关系所预测的本期上证综合指数高；当 ECM(*SHANG*)＜0 时，表明本期上证综合指数比按照长期均衡关系所预测的本期上证综合指数低。对于方程(8-6)，深证成分指数也有同样的结论。

(3)方程(8-7)、(8-8)表明，滞后 3 期的上证综合指数

波动对本期上证综合指数的同方向波动具有滞后效应；滞后 3 期的深证成分指数波动和滞后 2 期的上证综合指数波动，对本期深证成分指数同方向波动也具有滞后效应。

(4)从长期调节因素 ECM(*SHANG*)、ECM(*SHEN*)的作用来看，对上证综合指数的波动具有一定的反方向的调节作用，而对深证成分指数波动的调节几乎为零(即方程 8-8)中 ECM(*SHEN*)(－1)的系数为零)。由此可见，深圳股市的风险大于上海股市的风险。具体体现在政府干预政策、市场信息等系统因素的影响，而并没有真正体现出上市公司的经营管理状况与财务指标等非系统因素的影响。

(5)方程(8-9)表明，上证综合指数波动与深证成分指数波动存在着长期均衡关系，其相互作用表现为：本期上证综合指数波动与本期深证成分指数波动具有相同方向。滞后 3 期的上证综合指数波动对本期上证综合指数波动也具有一定的同方向作用，而滞后 1 期的上证综合指数波动和滞后 3 期的深证成分指数的波动却对本期上证综合指数的波动产生一定的反方向抑制性作用。对于深证成分指数的波动，方程(8-10)中也存在类似的结论。

(6)结合方程(8-7)、(8-8)、(8-9)、(8-10)可以看出，方程(8-9)对于 D(*SHANG*)的估计优于方程(8-7)，说明上证综合指数的波动更多地受本期深证成分指数波动的影响，而且同方向波动。长期调节对于上证综合指数波动的影响很小。方程(8-10)对于 D(*SHEN*)的估计优于方程(8-8)，说明深证成分指数的波动更多地受本期上证综合指数波动的影响，而且同方向波动，表现出市场运动的共性。长期调节对于深证成分指数波动的影响不显著。

8.2 分形市场分析探讨资本市场有效性

经济学家们在不断发现支持 EMH 证据的同时，也碰到了一些与之相悖的现象[Fama，1970]，这些异象对有效市场假说提出了严峻挑战。因此有必要对市场特性进行更深入的探讨，将研究方法推广到混沌、分形、非线性动力学等，因为其特征看起来与实际所观察到的现象更接近。

本节从分形角度阐述分形市场分析方法。市场服从分数布朗运动，EMH 仅仅是分形分布族的一种特殊情形，即 $\alpha=2$ 的情形。一般情形下可以通过 R/S 分析法来解决。

8.2.1 EMH 的发展及其缺陷

用统计方法研究股票价格与收益问题，最初出现于 Bachelier 1900 年的博士论文，其鲜明的远见性超越了其时代，维纳过程（Weiner process）是布朗运动（Brownian motion）这一结论被得到普遍认可。十年后，爱因斯坦（Einstein）重新发现了这一结论。但对 Bachelier 分析工作起着重要作用的假设：市场收益是独立同分布（IID）的随机变量，却很少得到实证支持。遗憾的是，Bachelier 的开创性论文几乎被忽视、遗忘，这样用统计方法进行市场分析失去影响直至 20 世纪 40 年代后期（例外：30 年代 Holbrook Working 和 Alfred Cowles 的工作），随后进展迅速。

1953 年，Kendall 对股票价格和收益的随机特性进行了系统研究，在其论文《经济时间序列分析，第一部：价格》

中提出股票价格遵循一种随机游走(Random Walk)规律。虽然早在1900年Bachelier就在其博士论文中提出了同样的思想,换句话说,这一结果所隐含的思想并不是全新的,但其结论却使一些金融经济学家们感到困惑。经过深入分析与思考,经济学家们形成了对Kendall现象的解释,一致的看法是:随机的价格波动反映的正是一个功能良好、有效率的市场,而不是非理性的。

1964年,Cootner收集、编辑出版了《股票市场价格的随机性》(*The Random Character of Stock Market Price*),其工作奠定了EMH的基础。Cootner主编的选集成为数量分析第一个黄金时代的标准产物,探讨市场特性而不是投资组合理论,因而即使这一时期出现的Markowitz、Tobin和Sharpe的工作也并不包含在其中。本书提出了20世纪60年代被Fama形成为EMH的理念。

有效市场假说认为市场行为者的买卖信息都反映在市场的价格之中,只有不可预见的事件才会影响股票的价格变化。但随机事件对股票价格的影响可能是正向的,也可能是负向的,因此股票价格的变动是可预测的趋势部分与不可预测的随机游走部分之和,即,今天的价格变化来源于今天未预料的信息,昨天的信息不再重要,从而今天的收益与昨天的收益无关,即收益是独立的。如果收益是独立的,那么它们是随机变量,并且服从随机游走。此即EMH的的随机游走解释。

价格已经反映了所有可以得到的信息,这就是市场有效性假说。但是,EMH存在着明显的缺陷。

(1)对于信息的反应,并非以因果关系呈现。由于所有

的信息均反映在价格中,市场服从随机游走,每日的价格运动均与前日的活动无关,这样 EMH 明显假定所有投资者对于新信息立刻作出反应,因而未来与过去或现在无关。上述假定对于将中心极限定理应用于资本市场分析是必要的。但是,由于信息分布是狭峰态的,因而价格变化的分布也是狭峰态的,从而人们以一种非线性方式对信息作出反应,一旦当信息水平达到某个临界值,人们才对所有他们曾忽视的信息作出反应,并直接达到该临界值。此即意味着当前的价格受过去的影响,因而显然违背了 EMH。在 EMH 中,信息以因果关系呈现,即接受信息,并通过价格的变化来反映新的信息从而对信息作出反应。

(2)EMH 没有涉及到市场流动性问题。流动性与成交量并不是一回事。当低流动性但高成交量形成时,发生了最大的股灾(如 1987 年 10 月 19 日美国股市的"黑色星期一")。投资者需要从市场获得流动性,市场为投资者获得这种流动性提供了可能。EMH 认为,不管流动性是否存在价格始终是公平的,或者始终有足够的流动性,从而 EMH 不能解释股灾和股市火爆。当流动性消失时,获取公平价格并不比不惜代价完成交易更重要。一个稳定的市场与 EMH 所描述的有效市场并不是相同的,一个稳定的市场是一个富有流动性的市场。如果市场富有流动性,那么可以认为价格接近公平。然而,市场并不一定是一直富有流动性的,当流动性缺乏突然而降时,正在交易的投资者将愿意接受他们所能接受的价格而不管价格公平与否,此时交易者为获得流动性而承担了相当高的变现成本。

(3)市场有效并不一定意味着服从随机游走,但随机游

走确实意味着市场有效。因此,对随机游走模型的偏离,并不能代表市场是无效的。事实上,在 Kendall 之后不久,人们便发现证券价格并不遵循严格的随机游走模型。公众对于信息的不一致性消化、吸收导致有偏的随机游走(biased random walk),而且信息与分数维有着密切的联系,分数维是和信息成正比的。

(4)市场有效性的检验问题。对市场有效性的检验仍然主要停留在最初的随机游走模型上,而这一模型对连续价格波动间的独立同分布是要求甚严的,因此用随机游走模型作为市场有效性假定的检验仍然存在着问题,满足随机游走模型只能看作是市场有效性的充分条件,却不能保证不满足随机游走模型的市场就一定是无效的。

(5)有关的效应问题。股票收益的季节性(seasonality)、大小效应(size effect)以及季节性与大小效应结合而形成的"小公司元月效应"等也直接打击了 EMH,使 EMH 陷入困境。

8.2.2 分形分布与 R/S 分析方法

现行的资本市场理论基于有效市场假说、因果的线性关系的范式,但却很难反映出市场本身所具有的真正特性,新的范式则将市场看作为复杂的相互依存的系统。大量的实证研究表明:许多的自然现象和时间序列都可以有效地通过分形来刻划,因而市场是分形的,从而更好地揭示了市场特性。

分形或分数维,简单地说就是没有特征尺度却有自相似的结构,即存在标度律。分数维的发现,使我们能从一个

似乎是杂乱无章的时间序列中计算出它的分数维,表征其结构。虽然分形现象并无统一的特征尺度,却有标度律,因而存在着规律性,我们可以找到一个不变尺度——分数维。Mandelbrot 在他早期的论文中,定义了分形集是满足 Hausdorff 维数严格大于拓扑维数的集合,进一步地分数维一定大于拓扑维而小于它所占领的空间维,如 Cantor 集具有维数 $\ln2/\ln3 = 0.631$, Koch 曲线具有维数 $\ln4/\ln3 = 1.262$。

Mandelbrot[1964]提出:资本市场收益服从他称之为 stable paretian 分布,即分形分布,表现为在均值处具有高峰,而且尾厚。分形分布在经济学文献中被称为 Pareto、Pareto-Levy 或 stable Paretian 分布。这类分布的特征最初由 Levy 在发表于 1925 年的论文中提出。Levy 的工作是在 Pareto[1897]讨论收入分布的基础上进行的。Pareto 发现收入的分布,除了约 3%的上层富有人士以外,可以用对数正态分布很好地逼近。对于这部分 3%来说,收入开始服从逆幂规律(inverse-power law),从而导致厚尾的产生。实证分析表明,厚尾并不仅仅是股票市场特有的现象,其他资本市场也表现出同样的特性。这些厚尾分布常常显示出由非线性随机过程所产生的一种具有长期记忆系统的迹象。这种非线性过程可由时变方差(如 ARCH)或 Pareto-Levy 长期记忆过程产生。

从分布的特征函数角度进一步讨论上述问题,将有助于对问题的深入认识。

若随机变量 t 服从正态分布,则其特征函数 $f(t)$ 满足:

$$\log f(t) = iut - (\sigma^2/2)t^2 \qquad u = 均值, \sigma^2 = 方差 \quad (8\text{-}11)$$

对于标准正态分布，均值为 0，标准差为 1。

Bachelier 首先提出投资市场服从随机游走的思想，而且可用标准的概率积分进行刻划。尽管实证分析明显显示与随机游走相违背，Bachelier 的高斯假设仍然被接受。收入分布比标准正态分布具有厚尾、高峰，尽管存在这些特性，该分布仍经常被描述为近似正态。

这种厚尾、高峰分布是 Pareto 分布的特征形状。Levy 概括了其概率分布的特征函数：

$$\log f(t) = i\delta t - \gamma|t|^{\alpha}[1 + i\beta(t/|t|)\tan(\alpha\pi/2)] \quad (8\text{-}12)$$

当 $\alpha = 1$ 时，(8-12)式为：

$$\log f(t) = i\delta t - \gamma|t|[1 + i\beta(t/|t|)\frac{2}{\pi}\log|t|)]$$

其中有 4 个特征参数：$\alpha, \beta, \delta, \gamma$。$\delta$ 是均值的位置参数；γ 是尺度调整参数；$\beta \in [-1, +1]$，是偏斜度的测度。

当 $\beta = 0$ 时，分布是对称的；$\beta = +1$ 时，分布是右厚尾的，随 β 逐步逼近 +1 右偏斜程度增加；当 $\beta < 0$ 时，情形相反。

α 标志着分布的峰度以及尾部的厚性，$\alpha \in (0, 2]$。只有当 $\alpha = 2$ 时，分布才为标准分布。

取 $\alpha = 2$、$\beta = 0$、$\gamma = 1$、$\delta = 1$ 代入(8-12)式即可得到(8-11)式的正态分布的特征函数。

值得指出的是，对有效市场假说，α 必须始终等于 2；而对分形市场分析，α 可以在 1 到 2 之间变化。此即有效市场假说与分形市场分析对市场特性认识的主要区别。分形市场分析认为市场服从 stable Paretian 分布，进一步地利

用分形分析方法可以区别厚尾高斯分布与分形分布。因而，α 值的改变在很大程度上改变着时间序列本身的特性。

由于 Pareto 分布关于时间在统计意义上是自我相似的，因此 Pareto 分布是分形。如果每日价格分布具有均值 m，并且 $\alpha = a$，那么 5 日收益分布具有均值 $5m$ 并且仍有 $\alpha = a$。一旦调整时间尺度，序列的概率分布仍有同样的形状，那么序列具有标度不变性。由于正态分布是分形分布族的特殊情形，因此，当 $\alpha = 2$ 并且分布是正态分布时，上面的结论同样适用。然而当 $\alpha \neq 2$ 时，分布的特性就发生改变了。

当 $1 \leqslant \alpha < 2$ 时，方差不确定或无穷；当 $\alpha = 2$ 时，方差有限且稳定，因此仅当系统是随机游走时，样本方差是重要的信息；否则，无穷方差是可能的并且是典型的情形。当 $\alpha \neq 2$ 时，作为离中趋势或风险尺度的样本方差近乎无意义。

当 $0 < \alpha \leqslant 1$ 时，不存在稳定均值，此范围中的 α 较罕见。然而，当 $1 < \alpha \leqslant 2$ 时，却有稳定均值，此范围中的非整数 α 对应于具有长期关联和统计上自我相似特征的分数布朗运动，即分维时间序列。分维时间序列关于时间具有统计上的自我相似性，因而它们是分形。在分维时间序列里，随机性与确定性、混沌与有序同时并存。若 α 是时间序列的分数维，则有：

$$\alpha = \frac{1}{H}$$

其中 H = Hurst 指数。

Hurst 是一位水文专家，从 1907 年起从事尼罗河水坝工程研究。在长达 40 多年的研究中，主要研究水库控制的

问题。通过大量的实证研究，他提出了一种新的统计量：Hurst 指数 H，并由此发展了一种 R/S 分析(rescaled range analysis，重新标度极差分析)方法。

在 20 世纪 40 年代，Hurst 基于对有偏的随机游走所进行的深入研究，结合 R/S 分析方法，发现许多自然现象的统计确实能很好地由有偏的随机游走来刻划。Mandelbrot 也在 20 世纪 60 年代、70 年代对此进行了广泛探讨。Mandelbrot 称之为分数布朗运动，现在一般称之为分维时间序列。

Mandelbrot 首先引入分数布朗运动的概念，作为对随机函数 $X(t)$的推广，把指数 $H=1/2$ 推广到 $0<H<1$ 中的任何实数。其中 $X(t)$满足 $X(t)-X(t_0)\sim\zeta|t-t_0|^H$，$\zeta$ 服从标准的独立高斯随机过程。

时刻 t 关于过去的增量之间的关联尺度函数 $C(t)$满足 $C(t)=2^{2H-1}-1$，其中 $H=$ Hurst 指数。

当 $H=1/2$ 时，对任何 t 值，均有 $C(t)=0$，而这正是独立随机过程所必须的条件。然而当 $H\neq1/2$ 时，不管 t 取何值，$C(t)\neq0$。分数布朗运动的这一特征，导致了状态持续性或逆状态持续性。

当 $H>1/2$ 时，存在状态持续性，即在某一时刻 t 以前存在上升(或下降)趋势隐含着在时刻 t 以后总体上也存在着上升(或下降)的趋势；反之，当 $H<1/2$ 时，存在逆状态持续性，即在某一时刻 t 以前存在上升(或下降)趋势隐含着在时刻 t 以后总体上也存在着下降(或上升)的趋势。

进一步地，应用 R/S 分析法，可以确定信息的两个重要方面，Hurst 指数 H 和平均的周期长度。周期的存在对

于进一步的讨论分析具有重要影响。当 $H \neq 1/2$ 时，概率分布不是正态分布；当 $1/2 < H < 1$ 时，时间序列是分形。分维时间序列不同于随机游走，它是有偏的随机过程，其偏离的程度取决于 H 大于 1/2 的程度，并且随着 H 逐步逼近 1 状态持续性逐步增强。

$H = 1/2$ 并不能说明时间序列是一个高斯随机游走，仅表明不存在长期记忆。如果随机游走不再适用，那么许多数量分析的方法将失去效用，尤其是 CAPM 和以方差或波动程度来度量的风险概念。

通过以上的论述，得到下列的结论：

(1)对有效市场假说，α 必须始终等于 2；而对分形市场分析，α 可以在 1 到 2 之间变化。此即有效市场假说与分形市场分析对市场特性认识的主要区别。正是由于 α 的分数维性质充分反映了市场本身所具有的特性。

(2)分形市场分析不必依赖于独立、正态或方差有限的假设。

(3)应用 R/S 分析法，可以确定信息的两个重要方面，Hurst 指数 H 和平均的周期长度。

(4)公众对于信息以非线性方式作出反应，因而有偏的随机游走是市场的常态，表现为分数布朗运动。

(5)对于随机游走的偏离程度取决于指数 H。

从对 EMH 的产生及其发展出发，论述了从分形的角度探讨市场特性的分形市场分析方法及其所反映的市场特性，推广了资本市场理论。市场是分形的，服从分数布朗运动，即有偏的随机游走，其研究方法可以采用 R/S 分析法。公众对于信息以非线性的方式作出反应，因而呈现出

对信息的不一致性消化、吸收，导致对随机游走的偏离，并表现为市场的常态。

8.3 中国股票市场的周末效应检验

有效市场假说（EMH）是现代金融经济学的理论基石之一。所谓有效市场假说是指价格的变化已经反映了所有可以得到的信息。1967年5月，Harry Roberts提出了EMH的三种形式。随后经济学家们做了大量的研究工作，检验并证实了股票市场，特别是成熟股票市场具有不同形式的有效性。经济学中，很少有一个理论能获得像EMH这样多的支持。但它又不是完美的，经济学家们在不断发现支持它的证据时，也碰到一些与之相悖的现象，周末效应即是其中之一。

Cross和French分别于1973年和1980年发现在纽约证券市场上，从周五交易收盘至周一交易收盘这段时间内股票收益率一般低于一周中的其他交易日，即存在着周末效应。所谓股票报酬周末效应是指股票平均报酬率周一为负，且比一周其他交易日的股票报酬都低。周末效应是一种EMH无法解释的现象。因为在EMH之下，是不会存在周末效应的，各交易日的股票收益率不应该有如此悬殊的差距，这种差距更不会长期存在下去。原因是投资者可以利用这一投机机会，在周五下午实行短卖，然后在下周一下午照预期的较低价格买进。这种市场行为将导致周五下午价格下跌，下周一价格上涨，从而使周一的收益率升至适当水平，即仅供补偿这一天的风险，由此根除周末效应。然而

实证研究证明,周一效应在世界发达国家普遍存在。对于这一效应,目前尚无圆满解释,在某种意义上说也是对 EMH 提出了一种挑战。

关于上海、深圳股市股票报酬是否存在周末效应,学者们已进行了一定的研究。俞乔[1994]研究发现,上海、深圳股市自开业至 1994 年 4 月 17 日间股票报酬存在周末效应,但问题在于以样本期内周一、周二、周三、周四、周五的股票报酬的平均值来研究周末效应,未作统计意义上的检验。徐剑刚[1995]研究发现,上海、深圳股市在所讨论的样本区间内也存在周末效应,但似乎感到样本太短。从国外的研究来看,一般至少使用 5 年的数据。如果样本时限太短,将会使实证研究结论失去统计稳定性和可靠性,而且样本太短不足以推断一般性的结论。

为此,在上述两位作者对上海和深圳股市股票报酬周末效应研究的基础上,进一步扩充样本容量,使其达到 6 年的数据,同时结合股票报酬分布的统计特性,经过逐步统计检验来选择适当的模型研究上海和深圳股市股票报酬是否存在周末效应,目的在于找出股票价格波动的规律,并尝试对其进行解释。

8.3.1 中国股市股票收益率的描述统计

8.3.1.1 数据说明

关于样本区间的选择,根据陈小悦等[1997]对中国股市弱型效率的实证研究,1993 年以后,可以认为中国股市总体上已经达到弱型有效,因此这里的实证研究采用 1993 年以后的数据。

具体来说，所采用的数据是上海、深圳证券交易所的每日股价指数：上市选用上证综合指数每日收盘指数，样本区间为1993年1月5日至1998年12月4日；深市选用深证成分指数每日收盘指数，样本区间为1993年1月3日至1998年12月4日。

股票收益率指标 R_t 定义为：

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

其中，P_t 表示 t 时期的股价指数，P_{t-1} 表示滞后一期的股价指数。

8.3.1.2 股票收益率描述统计结果

我们先看表8-1和表8-2。

表8-1 上海、深圳股票市场每日股票报酬的均值、方差、偏度、峰度

	样本数	均 值	标准差	偏 度	峰 度
上海	1 454	0.000 81	0.031 8	1.992	19.771
深圳	1 439	0.000 41	0.026 6	1.296	14.485

表8-2 上海、深圳股票市场周一至周五股票报酬的均值、方差、偏度、峰度

		样本数	均 值	标准差	偏 度	峰 度
上海	周一	280	-0.000 60	0.039 3	2.227	19.411
	周二	292	-0.002 27	0.027 6	-0.950	7.044
	周三	293	0.003 20	0.029 9	2.507	15.151
	周四	294	0.000 07	0.033 2	2.871	26.993
	周五	295	0.003 57	0.027 9	1.939	12.859
深圳	周一	276	-0.000 32	0.032 8	2.337	16.757
	周二	291	-0.002 43	0.024 9	-1.395	10.139
	周三	291	0.001 77	0.022 9	1.146	5.019
	周四	291	-0.000 07	0.026 9	2.285	20.843
	周五	290	0.003 04	0.024 7	0.575	4.106

从表8-1偏度和峰度的数据可以看出，上海、深圳每日

股票报酬的分布较正态分布有偏且具有狭峰，呈现厚尾的特征。因而，上海、深圳股市每日股票报酬的时间序列呈现非正态分布。

从表 8-2 可以看出，在所讨论的样本区间内，对于上海股票市场来说，周一、周二平均股票报酬为负，周二平均股票报酬为最低，而周五平均股票报酬为最高；对于深圳股票市场来说，周一、周二、周四平均股票报酬为负，周二平均股票报酬也为最低，同样周五平均股票报酬为最高。

俞乔[1994]得到了下列结论：在 1990 年 12 月 19 日 - 1994 年 4 月 17 日期间，上海股票市场周一的平均股价收益最低，并为负值(-0.342)，然后逐渐上升，到周四达到最高值 0.864，而到周五则略为降低，但仍为 0.663，远高于周一至周三的水平。在 1991 年 4 月 3 日 - 1994 年 4 月 17 日间，深圳股票市场周一的平均股价收益也为负值，为 -0.313，且是最低点，然后升至周四的最高点 0.265，在周五下降至 0.126。

显然，俞乔[1994]所得到的结论与本处所得到的结论有所不同，存在很大的差异，说明根据这些描述统计的结果推出的结论不一定可靠，必须进行严格的统计检验，因此仅用描述统计的结果不足以推断一般性的结论。

8.3.2 研究方法的选择

由上面描述统计的结果可以看出，中国股市股票报酬率不服从正态分布，而传统的线性回归模型又以独立同方差为前提，因此普通线性回归模型不适合此处的研究。在研究上海和深圳股市股票报酬是否存在周末效应时，必须

根据股票报酬自身所具有的特征选择适当的模型，并根据检验结果进行修正。

建立股票报酬率的模型如下：

$$y_t = \varphi_0 + \varphi_1 TUE_t + \varphi_2 WED_t + \varphi_3 THU_t + \varphi_4 FRI_t + v_t \quad (8\text{-}13)$$

其中，y_t 是每日股票报酬，TUE_t，WED_t，THU_t，FRI_t 是虚拟变量，

$$TUE_t = \begin{cases} 1, & 周二 \\ 0, & 其他 \end{cases} \qquad WED_t = \begin{cases} 1, & 周三 \\ 0, & 其他 \end{cases}$$

$$THU_t = \begin{cases} 1, & 周四 \\ 0, & 其他 \end{cases} \qquad FRI_t = \begin{cases} 1, & 周五 \\ 0, & 其他 \end{cases}$$

股票报酬率是一个时间序列，对时间序列的建模需要

立变量x_t的线性函数，G_t是时间t的信息集合，h_t是误差的条件方差。ARCH(q)回归模型为：

$$y_t|_{G_{t-1}} \sim N(x_t b, h_t) \tag{8-14}$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \cdots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \tag{8-15}$$

$$\varepsilon_t = y_t - x_t b \tag{8-16}$$

其中，$\alpha_0 > 0$，$\alpha_i \geqslant 0 (i = 1, 2, 3, \cdots, q)$是为了保证条件方差非负。

Engle[1982]证明了如下结论，当$1 - \alpha_1 L - \alpha_2 L^2 - \cdots - \alpha_q L^q = 0$的根的绝对值大于1时，ARCH($q$)过程是协方差平稳的。上述条件意味着：

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_q < 1$$

Bollerslev[1986]将ARCH模型推广到GARCH模型，GARCH(p, q)回归模型：

$$\varepsilon_t = y_t - x_t b$$

$$\varepsilon_t|_{G_{t-1}} \sim N(0, h_t) \tag{8-17}$$

$$\begin{aligned} h_t &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^{q} \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i h_{t-i} \\ &= \alpha_0 + A(L)\varepsilon_t^2 + B(L)h_t \end{aligned} \tag{8-18}$$

其中，$p \geqslant 0$，$q > 0$，$\alpha_0 > 0$，$\alpha_i \geqslant 0 (i = 1, 2, \cdots, q)$，$\beta_i \geqslant 0 (i = 1, 2, \cdots, p)$是为了保证条件方差非负。如果$p = 0$，GARCH($p, q$)即为ARCH($q$)。如果$p = q = 0$，$\varepsilon_t$仅是一个白噪声。在ARCH($q$)过程中，条件方差是滞后误差$\varepsilon_{t-i}$平方的线性函数。而在GARCH($p, q$)过程中，条件方差不仅是滞后误差平方的线性函数，而且是滞后条件方差的线性函数。

Bollerslev[1986]证明了如下结论：(8-16)、(8-17)式定

义的 GARCH(p,q)过程，具有 $E(\epsilon_t)=0$，$Var(\epsilon_t)=\alpha_0[1-A(1)-B(1)]^{-1}$且 $Cov(\epsilon_t,\epsilon_s)=0$(当 $t\neq s$ 时)，是宽平稳的，当且仅当 $A(1)+B(1)<1$。

8.3.3 实证研究

8.3.3.1 自相关性检验

对股票报酬率的模型(8-13)的残差进行广义 Durbin-Watson 检验，结果如表 8-3。

表 8-3

	阶　数	DW 值	Prob< DW
上海	1	2.043 5	0.803 4
	2	1.882 6	0.014 4
深圳	1	1.987 2	0.414 3
	2	1.848 1	0.002 3

由于 2 阶 Durbin-Watson 是显著的(显著性水平 $\alpha=0.05$)，因此 3、4、5 阶检验被忽略(注：检验过程中取 DW = 5 阶)。但是，广义 Durbin-Watson 检验不应用于自回归阶数的确定。为得到模型(8-13)残差的自回归阶数，选用 SAS AUTOREG 过程的 BACKSTEP 选项。自回归项向后消除的报告显示在时间间隔 3、4、5、6 的自回归参数不显著并且被消除，因此自回归残差模型的阶确定为 2，即 AR(2)。

8.3.3.2 ARCH 效应检验

通过指定 SAS AUTOREG 过程的 ARCHTEST 选项进行异方差性检验，得到如表 8-4 的结果。

表 8-4　　ARCH 效应的 Q 和 LM 检验

	阶　数	Q　值	Prob＞Q	LM 值	Prob＞LM
上海	12	298.600	0.000 1	192.894	0.000 1
深圳	12	121.239	0.000 1	90.906 8	0.000 1

由 Q 和 LM(拉格朗日乘子)检验结果可以看出,上海和深圳股市每日股票报酬序列,在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 下,均存在 ARCH 效应。

8.3.3.3　GARCH 模型的估计

对于上海、深圳股票市场股票报酬时间序列拟合 GARCH 模型,结合前面的分析讨论,经过检验,选用 AR(2)-IGARCH(1,1)模型,结果如表 8-5、表 8-6。

表 8-5　　上海:AR(2)-IGARCH(1,1)

变　量	系　数	标准误	T　值	Prob 值
常数	0.000 531	0.000 856	0.620	0.535 1
TUE	−0.003 754	0.001 24	−3.023	0.002 5
WED	0.002 643	0.001 29	2.043	0.041 1
THU	0.002 599	0.001 34	1.946	0.051 7
FRI	0.001 455	0.001 23	1.185	0.236 2
AR(1)	0.056 123	0.020 7	2.718	0.006 6
AR(2)	−0.033 182	0.021 1	−1.573	0.115 8
ARCH1	0.059 246	0.001 85	31.945	0.000 1
GARCH1	0.940 754	0.001 85	507.247	0.000 1

表 8-6　　　　深圳：AR(2)-IGARCH(1,1)

变　量	系　数	标准误	T　值	Prob 值
常数	−0.003 362	0.000 83	−4.053	0.000 1
TUE	0.000 261	0.001 19	0.219	0.826 6
WED	0.005 618	0.001 15	4.882	0.000 1
THU	0.006 892	0.001 24	5.540	0.000 1
FRI	0.009 168	0.001 20	7.624	0.000 1
AR(1)	0.055 488	0.020 9	2.659	0.007 8
AR(2)	−0.000 868	0.020 1	−0.043	0.965 5
ARCH1	0.070 170	0.002 44	28.761	0.000 1
GARCH1	0.929 830	0.002 44	381.106	0.000 1

AR(2)-IGARCH(1,1)模型：

$$y_t = \varphi_0 + \varphi_1 TUE_t + \varphi_2 WED_t + \varphi_3 THU_t + \varphi_4 FRI_t + v_t$$

$$v_t = \epsilon_t - \psi_1 v_{t-1} - \psi_2 v_{t-2}$$

$$\epsilon_t \mid_{G_{t-1}} \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}$$

$$\alpha_1 + \beta_1 = 1$$

检验结果显示，AR(2)-IGARCH(1,1)模型较好地拟合了上海和深圳股市股票报酬，IGARCH 是严平稳的。

上述对于 GARCH 模型的估计，采用信赖域方法，相对于对偶拟牛顿法而言，数值结果更加稳定。

8.3.4　研究结果

对中国股市股票收益率的实证研究得出如下结论：

(1)在所选取的样本区间内，较好地拟合中国股票收益率的时间序列模型为 AR(2)-IGARCH(1,1)模型，反映中国股市中的内生变量的大幅度波动集中在某些时段上，而

小幅波动则集中在另一些时段上。

(2)对于上海股市来说,在显著性水平 $\alpha=0.05$ 下,周二股票报酬显著为负,周四、周五的系数不显著;对于深圳股市来说,在显著性水平 $\alpha=0.05$ 下,周一股票报酬显著为负,且为最低。周五收益率显著为正,较一周其他交易日的报酬都高,从而表明上海股市与深圳股市平均股票报酬在一周各交易日的表现有所不同。

(3)深圳股市周一报酬显著为负,是一周最低的,而周五报酬最高,表明存在周末效应。这种现象可解释为:中国股票市场的价格波动对政策的敏感性很强,政策消息的公布往往又集中在周末;从股市效率理论来看,价格是资金配置的信号,而价格是否真实取决于信息的完整性、分布的均匀性和时效性,市场交易者之间的差异性使得他们对相关信息的消化需要一个过程,因此政策消息在股价上的反映有一个滞后效应。周末效应反映了在所选取的样本区间内,从总体上来看,深圳股票市场公布的政策利空消息大于利多消息。

(4)上海股市股票收益率的模型检验结果没有显示有显著的周末效应。这有可能反映了上海股市消息的平衡性,另一方面可能也预示着两个股票市场在信息的吸收、消化上存在着差异,或者也有可能表明所用的模型并没有能够很好地反映出上海股市报酬所隐含的内在特性,因此有必要进行进一步的分析。

8.3.5 对上海股票市场的进一步讨论

实证研究表明,对上海股票市场,就 1990 年 12 月 19

日至 1998 年 12 月 4 日的样本来看，经 ARCH 检验可知，不存在 ARCH 效应。但在所讨论的样本区间内，却明显存在着 ARCH 效应。因此对于上海股票市场来说，需进行更深入的分析讨论。

Ko Wang 等人 1997 年曾经指出，在美国股票市场上存在显著的周末效应，尤以每月最后两个周一的周末效应最为明显。由此考虑在讨论的样本区间内，对所有的周一再进行细化，并定义 $M1$、$M2$、$M3$、$M4$、$M5$ 分别为每月的第一个周一、第二个周一、第三个周一、第四个周一、第五个周一(如果某月有 5 周)。若某月的第一个交易日为周一，则此周一为第一个周一，否则为第二个周一。对于上海股票市场来说，在原模型中加入 $M2$、$M3$、$M4$、$M5$ 这四个变量，对所有八个变量重新建模，并进行检验，以期发现上海股票市场股票收益分布的内在规律性。

对模型(8-13)进行修正如下：

$$
\begin{aligned}
y_t = {} & \varphi_0 + \varphi_1 M2 + \varphi_2 M3 + \varphi_3 M4 + \varphi_4 M5 + \varphi_5 TUE_t \\
& + \varphi_6 WED_t + \varphi_7 THU_t + \varphi_8 FRI_t + v_t
\end{aligned}
$$

其中，y_t，TUE_t，WED_t，THU_t，FRI_t 解释如前；

$$M2 = \begin{cases} 1, \text{每月的第二个周一} \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad M3 = \begin{cases} 1, \text{每月的第三个周一} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

$$M4 = \begin{cases} 1, \text{每月的第四个周一} \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad M5 = \begin{cases} 1, \text{每月的第五个周一} \\ 0, \text{其他} \end{cases}$$

对上述模型进行广义 Durbin-Watson 检验，在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 下，2 阶是显著的。其检验结果如表 8-7。

表 8-7

阶　数	*DW* 值	Prob < *DW*
1	2.050 8	0.839 8
2	1.887 8	0.018 5

逐步自回归分析指出自回归误差模型的阶数为 2 和 6，即 AR(2,6)。

ARCH 效应检验结果如表 8-8。

表 8-8　　ARCH 效应的 *Q* 和 *LM* 检验

阶　数	*Q*　值	Prob > *Q*	*LM* 值	Prob > *LM*
12	316.591	0.000 1	202.258	0.000 1

Q 和 *LM* 的检验结果表明存在 ARCH 效应。经检验 GARCH 模型的估计选用 AR(2,6)-IGARCH(1,1)模型，结果如表 8-9。

表 8-9　　GARCH 估计选用模型

变量	系　数	标准误	T 值	Prob 值
常数	0.003 469	0.002 85	1.216	0.223 9
M2	0.001 620	0.003 49	0.464	0.642 8
M3	0.003 925	0.003 32	1.181	0.237 6
M4	−0.008 993	0.003 40	−2.646	0.008 1
M5	−0.004 192	0.003 45	−1.216	0.224 1
TUE	−0.006 786	0.002 91	−2.334	0.019 6
WED	−0.000 290	0.003 05	−0.095	0.924 2
THU	6.162 251 5E−8	0.003 13	0.000	1.000 0
FRI	−0.001 868	0.003 07	−0.609	0.542 2
AR(2)	−0.041 906	0.021 6	−1.941	0.052 2
AR(6)	0.018 065	0.028 0	0.645	0.518 9
ARCH1	0.070 014	0.002 48	28.261	0.000 1
GARCH1	0.929 986	0.002 48	375.389	0.000 1

检验结果表明，在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 下，*M4* 的系数

最小（$-0.008\ 993$），且显著（$P=0.008\ 1$）。*TUE* 的系数次低（$-0.006\ 786$），且显著（$P=0.019\ 6$），这说明在上海股票市场股票报酬最低出现在每个月的第 4 个周一，次低出现在每周二。

8.3.6 说明

为了进一步探讨深圳股票市场的周末效应在每个月的第几个周一表现得最为明显，建立如下模型：

$$y_t=\varphi_0+\varphi_1 M2+\varphi_2 M3+\varphi_3 M4+\varphi_4 M5+v_t$$

其中，y_t 表示由每周一的股票收益率所构成的时间序列，其他变量含义同上。检验结果同样表明，在显著性水平 $\alpha=0.05$下，$M4$ 显著为负（$-0.009\ 253$，$P=0.048\ 1$），且为最低，从而表明无论是深圳股票市场还是上海股票市场在所选取的样本区间内，股票报酬最低发生在每个月的第 4 个周一。

8.4 中国股票市场的非线性研究

价格以何种形式来呈现市场信息？人们以何种方式对信息作出反应，以线性的或是非线性的？中国股票市场是否存在 Feder[1988]所说的状态持续性，或是存在逆状态持续性？本节应用 *R/S* 分析方法、*BDS* 统计检验实证研究中国股票市场的非线性问题。

8.4.1 *R/S* 分析法

R/S 分析法是 Hurst 在大量实证研究的基础上提出

的一种方法，后经过多人努力逐渐完善。Hurst 是一位水文专家，从 1907 年起从事尼罗河水坝工程研究。在长达 40 多年的研究中，主要研究水库控制的问题。通过大量的实证研究，他提出了一种新的统计量：Hurst 指数 H，并由此发展了 R/S 分析(rescaled range analysis，重新标度极差分析)方法[Hurst，1951]。

在 20 世纪 40 年代，Hurst 基于对有偏的随机游走所进行的深入研究，结合 R/S 分析方法，发现许多自然现象的统计确实能很好地由有偏的随机游走来刻划。Mandelbrot 也在 20 世纪 60 年代、70 年代对此进行了广泛探讨[Mandelbrot，1960]。Mandelbrot 称之为分数布朗运动，现在一般称之为分维时间序列。

若 α 是时间序列的分数维，则有 $\alpha = \frac{1}{H}$，其中 $H =$ Hurst 指数。

更进一步地，关联尺度函数 $C(t)$满足 $C(t) = 2^{2H-1} - 1$，其中 $H =$ Hurst 指数。

对于一个具有状态持续性的时间序列来说，具有长期记忆效应的特征。从理论上来说，今天所发生的一切将一直影响未来。用混沌动力学的术语来说，即存在着对初始条件的敏感性。不管以什么时间尺度进行标度，这种长期记忆效应都会发生。

值得指出的是，R/S 分析法是十分有效的工具，不必假定潜在的分布是高斯分布，仅仅独立就可以。这样 R/S 分析法的研究对象就不仅包括正态分布，而且也包括非高斯独立过程，如学生 - t、Γ 及其他分布。R/S 分析法是非

参数分析法，这样对于所讨论的分布的形状就没有什么特别要求。对于一个系统来说，$H=1/2$ 意味着一个独立过程。但当 $H=1/2$ 时，却并不能说明时间序列是一个高斯随机游走，仅表明不存在长期记忆[Feder，1988]。

R/S 分析法可以表述为[Hurst，1951，1965；Feder，1988]：

$$(R/S)_n = C^* n^H \quad (8\text{-}19)$$

其中，n 为样本观察数，R 表示重新标度的极差，S 表示标准差，H 表示 Hurst 指数。

由此可得 Hurst 指数 H 的估计，首先作出 $\log(R/S_n)$ 关于 $\log(n)$ 的图，然后用最小二乘法回归求出斜率，即得出 Hurst 指数 H。

一般情形下，以下列的方程作为研究对象，即：

$$\log(R/S)_n = \log(C) + H^* \log(n) \quad (8\text{-}20)$$

关于 R/S 的检验问题，取高斯分布情形作为零假设，不仅因为高斯情形容易，而且有效市场假设(EMH)也是基于高斯情形，并把它作为零假设。

基于二项分布的原假设，Hurst[1951]得到随机游走是方程(8-19)的一种特殊情形，即：

$$(R/S)_n = (n^* \pi/2)^{0.5} \quad (8\text{-}21)$$

其中，n 为观察值个数。

Feller[1951]也得到了相似的结果：

$$E(R'(n)) = (n^* \pi/2)^{0.5} \quad (8\text{-}22)$$

$$Var(E(R'(n))) = (\pi^2/6 - \pi/2)^* n \quad (8\text{-}23)$$

其中，R'是修正的极差，即去掉样本均值后的累积偏差。

方程(8-21)、(8-22)是原假设为布朗运动下的标准假

设，这样极差随时间的平方根增加。由于 Feller 以修正的极差作为研究对象，而不是重新标度的极差，从而其结果与蒙特卡罗(Monte Carlo)模拟得到的结果大不相同。

当 n 较小时，关于 R/S 统计的系统偏差的估计，Anis 和 Lloyd[1976]提出了如下的方程：

$$E(R/S)_n = \{\Gamma[0.5*(n-1)]/[\sqrt{\pi}*\Gamma(0.5*n)]\}*\sum_{r=1}^{n-1}\sqrt{(n-r)/r} \tag{8-24}$$

当 n 较大时，方程(8-24)失去意义。然而用 Sterling 函数，方程(8-24)可以简化为：

$$E(R/S)_n = (n*\pi/2)^{-0.5}*\sum_{r=1}^{n-1}\sqrt{(n-r)/r} \tag{8-25}$$

当 $n>300$ 时，可用方程(8-25)进行估计。但当 n 逐渐增大时，方程(8-25)接近方程(8-22)。从实际结果来看，当 $n<20$ 时，Anis 和 Lloyd 所提出的方程(8-24)与蒙特卡罗模拟的结果有一定的偏差。为此，Peters[1989]对方程(8-24)、(8-25)进行了修正，得到了如下的方程(8-26)，这一结果与蒙特卡罗模拟的结果几乎完全接近。

$$E(R/S)_n = [(n-0.5)/n]*(n*\pi/2)^{-0.5}*\sum_{r=1}^{n-1}\sqrt{(n-r)/r} \tag{8-26}$$

对于 R/S 的期望值 $E(R/S)_n$ 的估计，一般采用方程(8-26)。在 $E(R/S)_n$ 的基础上就可以估计出 Hurst 指数 H 的期望值 $E(H)_n$。由于 R/S 的取值是一个随机变量，服从正态分布，因此也希望 H 的取值服从正态分布，这样 Hurst 指数 H 的方差即为：

$$Var(H)_n = 1/T \tag{8-27}$$

其中，T 为样本观察总数。值得指出的是，$Var(H)_n$ 并不依赖 n、H，仅仅依赖样本观察总数 T。

在作出 log/log 的基础上，可以容易地观察出在何处发生突变，并进一步估计出周期长度。下面的统计量 V_n 最初由 Hurst[1951] 用于检验稳定性，但也可以很好地用于估计周期长度。值得指出的是，当有噪声出现时，统计量 V_n 尤其显得出色。

$$V_n=(R/S_n)/\sqrt{n} \tag{8-28}$$

如果 R/S 统计以时间的平方根标度，那么这个比率 V_n 产生一条水平线。换句话说，对于独立的随机过程来说，统计量 V_n 关于 $\log(n)$ 是平坦的。另一方面，对于具有状态持续性的过程来说，R/S 以大于时间的平方根标度 $(H>0.5)$，V_n 关于 $\log(n)$ 向上倾斜；反之，对于具有逆状态持续性 $(H<0.5)$ 的过程来说，V_n 关于 $\log(n)$ 向下倾斜。当 V_n 图形状发生改变时，就产生突变，长期记忆过程消失。

8.4.1.1 实证研究

为了消除原始数据对于实证研究的影响，必须对原始数据进行处理。对于资本市场来说，分析对数收益的 AR(1) 的残差更能揭示数据的内在特性。AR(1) 残差可以用于消除或降低线性依赖性程度，即自相关性。因为线性依赖性会偏离 Hurst 指数 H 或容易导致第一类错误的发生。通过取 AR(1) 的残差，可以降低偏离程度并希望由此降低结果的不显著性程度。此过程通常称为预白噪声处理或消除趋势法。消除趋势法并非适用于所有统计检验，因为对于某些统计检验，消除趋势法也许会掩饰其重要的信息。

然而，对于 R/S 分析，消除趋势法将消除序列自相关，同时也可以消除通货膨胀性的增长。但是，相对于通货

膨胀性增长问题来说，短期记忆问题更需要引起重视。对于短期记忆过程，研究的对象是高频率的数据，如每天的收益率等；对于通货膨胀性增长问题，研究的对象是低频率的数据，如50年的每月的收益率。由于中国股票市场仅有几年的历史，因此本节的目的在于揭示短期记忆特性。

本节选取上海股票市场的上证综合指数每日的收盘指数和深圳股票市场的深圳成分指数每日的收盘指数作为研究对象。样本区间的选取必须考虑到实证分析时样本总观察数（有时可能是 $T-1$，或 $T-2$，取决于对原始数据进行何种预处理。本节是 $T-2$ 的情形。）有较多的因子 n，从而也就可以通过回归估计出 Hurst 指数 H。具体的样本区间如下：

上证综合指数 1990 年 12 月 19 日至 1998 年 10 月 5 日，共计 1 952 个交易日；

深圳成分指数 1991 年 4 月 3 日至 1998 年 9 月 24 日，共计 1 902 个交易日。

若原始数据所构成的时间序列以 $\{P_t\}$ 表示，则得到对数收益的序列：

$$S_t = \log(P_t / P_{t-1})$$

其中，S_t 表示 t 时的对数收益，P_t 表示 t 时的股价指数。

以 S_t 作为因变量，S_{t-1} 作为自变量，S_t 对 S_{t-1} 进行回归分析，得到 S_t 的 AR(1)残差序列：

$$X_t = S_t - (a + b^* S_{t-1})$$

此时时间序列 X_t 的长度为 $T-2$，这样问题为对序列 X_t 进行 R/S 分析。

首先对 $T-2$ 进行因子分解使得 $A \times n = T-2$，这样

把时间序列 X_t 分成每组有 n 个观察值的 A 个子样本。从 $n \neq 1,2$ 的第一个因子 n 开始，对每个子样本计算其重新标度后的极差 R 和标准差 S，从而得到 A 个 R/S，由此求出其平均值，并记为 $(R/S)_n$。对下一个因子 n 重复上述过程直至 $n=(t-2)/2$。最后用方程(2)就可以估计出 Hurst 指数 H，并由此进一步分析周期性问题。

对于上证综合指数和深圳成分指数，进行上述 R/S 分析得到如表 8-10、8-11 的基本结果。[1]

表 8-10　上证综指：AR(1)残差所构成的时间序列长度为 $T-2=1\ 950$

n	$\log(n)$	$\sqrt{n}$	R/S	$\log(R/S)$	V_n	$E(R/S)_n$
3	0.477 12	1.732 1	1.352 5	0.131 14	0.780 87	0.130 5
5	0.698 97	2.236 1	1.929 5	0.285 44	0.862 89	0.285 0
6	0.778 15	2.449 5	2.181 4	0.338 73	0.890 53	0.337 8
10	1.000 00	3.162 3	2.994 0	0.476 25	0.946 79	0.480 5
13	1.113 94	3.605 6	3.573 1	0.553 04	0.990 99	0.551 1
15	1.176 09	3.873 0	3.949 1	0.596 49	1.019 64	0.589 0
25	1.397 94	5.000 0	5.461 5	0.737 31	1.092 30	0.720 8
26	1.414 97	5.099 0	5.524 3	0.742 28	1.083 41	0.730 7
30	1.477 12	5.477 2	6.302 1	0.799 49	1.150 61	0.766 7
39	1.591 06	6.245 0	7.575 0	0.879 38	1.212 97	0.831 9
50	1.698 97	7.071 1	8.556 3	0.932 29	1.210 04	0.892 8
65	1.812 91	8.062 3	10.766 6	1.032 08	1.335 43	0.956 3
75	1.875 06	8.660 3	11.652 4	1.066 42	1.345 50	0.990 6
78	1.892 09	8.831 8	11.512 5	1.061 17	1.303 53	1.000 0

[1] R/S 的计算程序由李星毅同志编写，同时笔者也用著名的 SAS 语言、MATLAB 语言分别编写了 R/S 的计算程序；R/S 期望值 $E(R/S)_n$ 的估计采用 MATLAB for Windows 软件；本节的有关统计分析采用 Econometric Views(Eviews)软件。

续表

n	$\log(n)$	$\sqrt{n}$	R/S	$\log(R/S)$	V_n	$E(R/S)_n$
130	2.113 94	11.401 8	15.733 1	1.196 81	1.379 88	1.120 6
150	2.176 09	12.247 4	17.555 6	1.244 42	1.433 41	1.154 8
195	2.267 17	13.964 2	21.799 1	1.338 44	1.561 07	1.214 8
325	2.511 88	18.027 8	28.974 9	1.462 02	1.607 24	1.330 3
390	2.591 06	19.748 4	26.345 7	1.420 71	1.334 07	1.372 1
650	2.812 91	25.495 1	33.218 3	1.521 38	1.302 93	1.488 0
975	2.989 00	31.225 0	45.136 4	1.654 53	1.445 52	1.579 2

注：对于 R/S 期望值 $E(R/S)_n$ 的估计，当 $n \geq 300$ 时用方程(8-26)估计；当 $n < 300$ 时用方程(8-24)估计，表中 $E(R/S)$ 数据已经取对数。

用最小二乘回归得到下列结果：

$$\log(R/S)_n = -0.121 + 0.614^* \log(n) \qquad (8\text{-}29)$$

$$(0.022\ 4)\ (0.012\ 2)$$

$$R^2 = 0.993 \qquad S.E = 0.003\ 8 \qquad DW = 0.523$$

从而 $H = 0.614$，代入关联尺度函数 $C(t)$ 得到 $C(t) = 2^{2H-1} - 1 = 0.171$。

但是，结合图 8-1 和图 8-2 可以明显地看出，当 $n = 195$ 时，统计量 V_n 停止增长，反映出周期长度为 $n = 195$。由此，对于方程(8-29)必须分段进行重新估计，得到下列结果：

当 $3 \leq n \leq 195$ 时，

$$\log(R/S)_n = -0.181 + 0.661^* \log(n)$$

$$(0.007\ 9)\ (0.005\ 1)$$

$$R^2 = 0.999 \qquad S.E = 0.010\ 9 \qquad DW = 1.733$$

从而 $H = 0.661$，代入关联尺度函数 $C(t)$ 得到 $C(t) =$

$2^{2H-1}-1=0.250$。

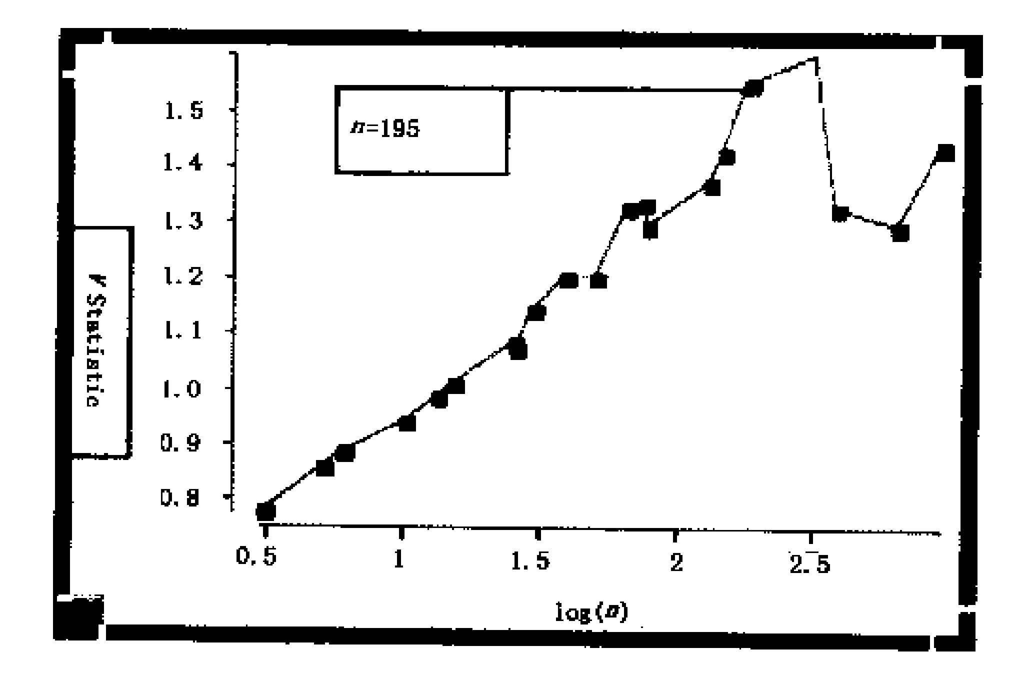


图 8-1 V 关于 log(n)

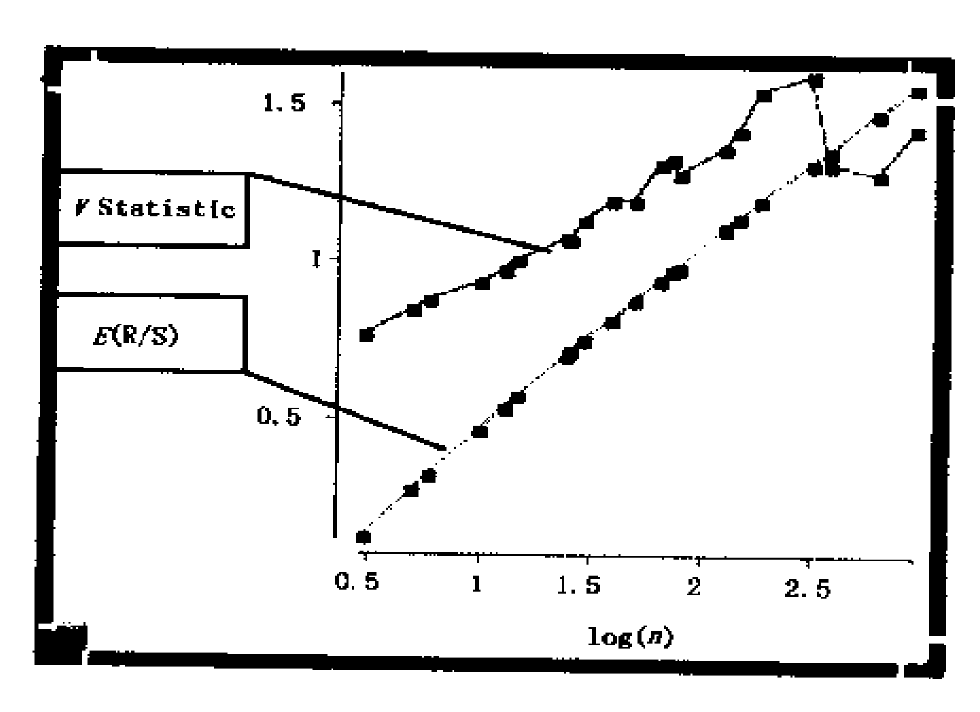


图 8-2 V、E(R/S)关于 log(n)

当 $325 \leqslant n \leqslant 975$ 时，

$$\log(R/S)_n = 0.436 * \log(n)$$
$$(0.1264)$$

$$R^2 = 0.856 \qquad S.E = 0.0474 \qquad DW = 1.990$$

从而 $H = 0.436$，代入关联尺度函数 $C(t)$ 得到 $C(t) = 2^{2H-1} - 1 = -0.085$。

$E(R/S)_n$ 关于 $\log(n)$ 回归得到 Hurst 指数 H 的期望值 $E(H)_n = 0.570$。

这样，对于上海股票市场来说，存在着状态的持续性，Hurst 指数 $H = 0.661$，同时也有一个 $n = 195$ 的周期，其关联尺度为 25%。

表 8-11　深证成指：AR(1)残差所构成的时间序列长度为 T－2＝190 0

n	$\log(n)$	$\sqrt{n}$	R/S	$\log(R/S)$	V_n	$E(R/S)_n$
4	0.602 06	2.000 0	1.653 2	0.218 32	0.826 59	0.218 7
5	0.698 97	2.236 1	1.920 7	0.283 46	0.858 96	0.285 0
10	1.000 00	3.162 3	2.993 0	0.476 10	0.946 45	0.480 5
19	1.278 75	4.358 9	4.436 0	0.647 00	1.017 70	0.650 6
20	1.301 03	4.472 1	4.614 0	0.664 08	1.031 73	0.663 8
25	1.397 94	5.000 0	5.342 7	0.727 76	1.068 53	0.720 8
38	1.579 78	6.164 4	6.771 2	0.830 67	1.098 43	0.825 5
50	1.698 97	7.071 1	7.763 5	0.890 06	1.097 92	0.892 8
76	1.880 81	8.717 8	10.295 7	1.012 66	1.181 00	0.993 8
95	1.977 72	9.746 8	11.937 0	1.076 90	1.224 71	1.046 8
100	2.000 00	10.000 0	12.422 7	1.094 22	1.242 27	1.058 9
190	2.278 75	13.784 0	19.862 5	1.298 03	1.440 98	1.208 8
380	2.579 78	19.493 6	30.127 7	1.478 97	1.545 52	1.366 2
475	2.676 69	21.794 5	34.749 4	1.540 95	1.594 41	1.417 0
950	2.977 72	30.822 1	59.412 4	1.773 88	1.927 59	1.573 4

注：对于 R/S 期望值 $E(R/S)_n$ 的估计，当 $n \geqslant 300$ 时用方程(8-26)估计；当 $n < 300$ 时用方程(8-24)估计，表中 $E(R/S)$ 数据已经取对数。

用最小二乘回归得到下列结果：

$$\log(R/S)_n = -0.178 + 0.643 * \log(n)$$

$$(0.011\ 4)\quad(0.006\ 1)$$

$R^2 = 0.999$　　　$S.E = 0.001\ 6$　　　$DW = 0.861$

从而 $H = 0.643$，代入关联尺度函数 $C(t)$ 得到 $C(t) = 2^{2H-1} - 1 = 0.219$。

$E(R/S)_n$ 关于 $\log(n)$ 回归得到 Hurst 指数 H 的期望值 $E(H)_n = 0.567$。

结合图 8-3，对于深圳股票市场来说，存在着状态的持续性，Hurst 指数 $H = 0.643$，其关联尺度为 21.9%。

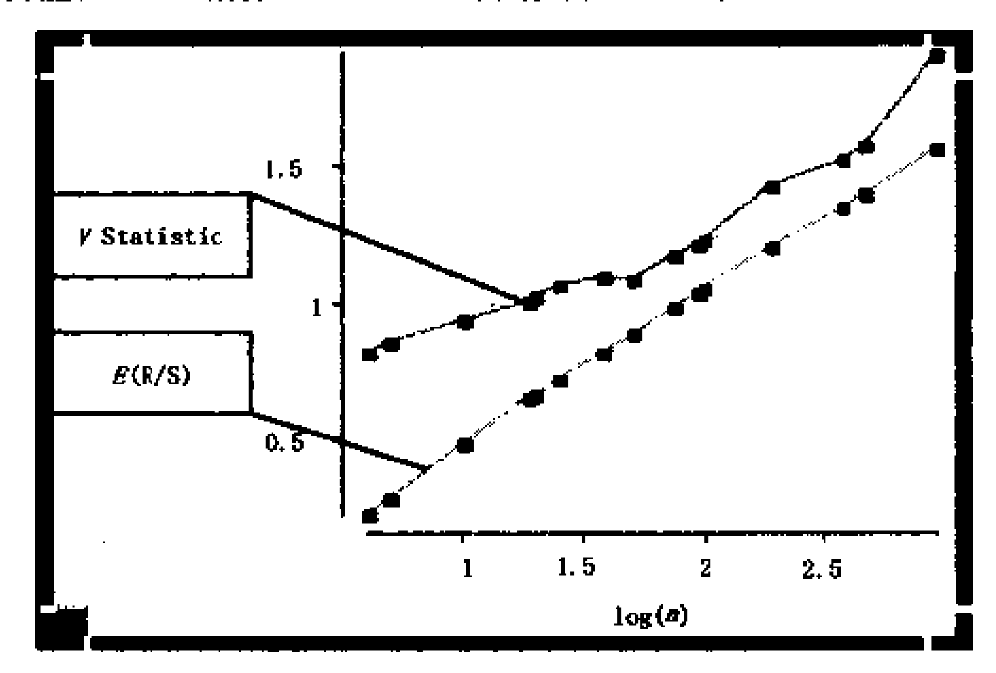


图 8-3　V、$E(R/S)$ 关于 $\log(n)$

8.4.1.2　结果分析

经济学家们有充分的实际理由检测出宏观数据中的非线性，他们一直很清楚地估计参数和评估政策干预的技术的重要性。Boldrin 和 Montrucchio[1986]的结论表明，人

们能够在一个非线性决定的模型中导出一个政策函数，从线性观点来看，它确实好像是从一个对数线性随机增长模型中导出的。值得指出的是，为使这一信息有用，就有必要估计现有的非线性。本节的实证研究表明，中国股票市场呈现出非线性，其 Hurst 指数 $H>0.5$，表现出具有状态持续性的特征。

通过以上的分析，得到下列的基本结论：

(1)上海股票市场存在着状态的持续性，其 Hurst 指数 $H=0.661$，同时也有一个 $n=195$ 的周期，其关联尺度为 25%；对于深圳股票市场来说，也存在着状态的持续性，其 Hurst 指数 $H=0.643$，其关联尺度为 21.9%。

(2)上海股票市场与深圳股票市场的股价指数所构成的时间序列均呈现非线性。中国股票市场的非线性为人们导出一个在 Boldrin 和 Montrucchio 意义下的政策函数提供了可能性。

(3)与 EMH 的结论不同的是，中国股票市场并没有呈现出随机游走的特性，其实也并不是一个独立过程，而是表现出相互依存的关系，因为其关联尺度不等于零。其原因在于信息以非线性的方式呈现，人们也以非线性的方式对信息作出反应，股价波动也呈现非线性，所有这些最终都通过市场交易活动反映在股价指数上，使得股价指数所构成的时间序列呈现出非线性。

(4)股票市场所具有的状态持续性特征使得股票市场具有一定的风险性，表现为价格的连续涨跌，呈现出波动的集群性，即内生变量的大幅度波动集中在某些时段上，而小幅波动则集中在另一些时段上，其过程本身隐含着一定的

政策意义。投资者能否以及如何从股市获得最大收益，在一定程度上依赖于投资者对股票市场特性的深刻认识。

(5)研究表明，上海股票市场与深圳股票市场不仅相互影响，而且协整，因而也就同时具有非线性。但是，上海股票市场股价的关联程度(25%)大于深圳股票市场股价的关联程度(21.9%)。这样中国股票市场的历史信息将对股市产生一定的影响，对投资者来说，也就具有某种意义下的预期。

8.4.2 *BDS* 统计分析[1]

非线性关系是现实经济系统中最普遍的现象，非线性关系使得因果关系失衡。股票市场的复杂多变恰恰是非线性相互作用所导致的。股市的大幅下跌表现为一种非线性效应。因此正确地刻化股票市场的内在特性，就无法回避非线性问题。

股票市场具有复杂的非线性动力系统的特征，因此对股票市场特性的深刻理解必须考虑非线性问题。经济学家们十分清楚估计参数和评估政策干预技术的重要性，因此有必要对宏观数据中的非线性进行检测，以期为评估政策提供参考。

本节应用 Brock-Dechert-Scheinkman[1986]所提出的 *BDS* 检验研究中国股票市场的非线性问题。*BDS* 检验能

---

[1] *BDS* 统计量的计算采用 Blake LeBaron 所提供的 C 源代码。C 源代码的编译得到潘波同志的大力帮助，特此致谢，*BDS* 检验在 LINUX 操作系统下进行。

够探测其他一些统计检验所忽视的非平稳性、非线性性，因而在非线性检验中具有很强的功效性。

8.4.2.1 *BDS* 统计

传统经济学家的基本信条是长期的变化趋势有其深刻的经济原因，而短期的不规则涨落的原因则是外在的随机因素，结果与之相应的经济模型，通常是线性(或对数线性)方程加上随机项的方法。如果经济现象的不规则波动属于混沌现象，即由经济系统内部因素之间以及内部因素与外部因素之间的非线性作用关系所决定的貌似随机的行为，那么，传统的经济理论关于随机性来源的假定，对于该类经济现象就不适用，因而也就要求对这类经济现象的认识得从经济系统内部着手，寻求其内在原因，以反映其多维几何信息。

虽然现有的一些非线性特性是在某些序列中发现的(如股票收益等)，但是 Brock 和 Sayers[1986]研究指出，人们不能否认这样一种假设，即消除长期趋势的美国(1947～1985年)实际季度 GNP 是运用相关维数的 Grassberger-Procaccia-Takens(GPT)测度，从一个 AR(2)中得到的。

如果可以得到一个无限数据集合，且在实际上运作得很好的话，GPT 估计可以确定 AR(2)的残差是否真实，但遗憾的是缺乏适用的渐进分布理论[Scheinkman, *et al*, 1989a]。Brock-Dechert-Scheinkman[1986]弥补了上述缺陷，根据 GPT 维数估计提出了一种统计分布理论，即 *BDS* 统计检验。

令 $X_1, X_2, \cdots X_n$ 是具有共同分布 F 的自变量。对于每一个 $\varepsilon>0$，令 $I_\varepsilon: R^2 \rightarrow R$ 为集合：

$$B_\epsilon = [(z,y) \in R^2 \mid |z-y| \leqslant \epsilon]$$

的指标函数，即如果$(z, y) \in B_\epsilon$，则 $I_\epsilon(z, y) = 1$，否则 $I_\epsilon(z, y) = 0$。对于每一个 $n \geqslant 2$ 和 $m \geqslant 1$，令：

$$C(m, n, \epsilon)(x_1, x_2, \cdots, x_N) = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{1 \leqslant i < j \leqslant n} \prod_{k=0}^{m-1} I_\epsilon(X_{i+k}, X_{j+k}),$$

在任何 $N > n + m$ 时，该式成立。

注意：如果我们考察 m 次的历史 $y_t = (X_t, \cdots, X_{t+m-1})$，则$\{y_t\}_{t=0}^{\infty}$的相关维数由：

$$d = \lim_{\epsilon \to 0}\left[\frac{\ln[\lim_{n \to \infty} C(m, n, \epsilon)(X_1, \cdots, X_{n+m})]}{\ln \epsilon}\right]$$

给出，如果等式右侧成立的话。

再令：

$$C(\epsilon) = EI_\epsilon(X_i, X_j) \text{并且} K(\epsilon) = E[I_\epsilon(X_i, X_j) I_\epsilon(X_j, X_k)]$$

Brock、Dechert、Scheinkman[1986]证明了如下的定理：

对于任何 $m > 1$，当 $n \to \infty$时，

$$\frac{\sqrt{n}}{\sigma}\{C(m, n, \epsilon) - [C(l, n, \epsilon)]^m\} \xrightarrow{d} N(0, 1)$$

其中：

$\sigma = (-mC^{m-1}, 1)^T \sum (-mC^{m-1}, 1)$是$\{C(m, n, \epsilon) - [C(l, n, \epsilon)]^m\}$的渐进方差的估计量。且有：

$$\sum_{11} = 4(K - C^2)$$

$$\sum_{22} = 4(K^m - C^{2m}) + 8\sum_{j=1}^{m-1}(K^{m-j}C^{2j} - C^{2m})$$

$$\sum_{12} = 2[K + K^m + 2KC^{m-1} - (C + C^m)^2]$$

$$+ 4\sum_{j=1}^{m-1}(KC^{m-1} + K^{m-j}C^{2j} - C^{1+m} + C^{2m})$$

$$- \frac{1}{2}\left(\sum_{11} + \sum_{22}\right)$$

$$\sum_{21} = \sum_{12}$$

进而，在计算 σ 中，能用 $C(1,n,\epsilon)$ 置换 C，用 $K(1,n,\epsilon)$ 置换 K。

需要强调的是，BDS 统计量基于这样一种思想，即对于一个 i.i.d. 系统，向量 $(X_i, X_{i+1}, \cdots, X_{i+m-1})$ 对最大模 (L^{∞}) 在 $(X_j, X_{j+1}, \cdots, X_{j+m-1})$ 的 ϵ 内的概率恰好是 X_i 在 X_j 的 ϵ 内的概率的 m 次幂。

对于一个 i.i.d. 过程，$C(m,n,\epsilon) = C(\epsilon)^m$ 成立；反之则不一定成立。当 $\{X_t\}$ 不是一个 i.i.d. 过程时，却可能有 $C(m,n,\epsilon) = C(\epsilon)^m$。由此说明，除了一些病态的情形，BDS 检验能够探测大多数非线性。

8.4.2.2　实证研究

为了消除原始数据自相关的影响，必须对原始数据进行预处理，以消除序列中的线性成分。在应用 *BDS* 探测非线性之前，对于时间序列拟合 AR(p)模型，利用某些准则如 AIC 或 BIC 确定模型的阶数 p，然后对此线性拟合模型的残差，即 AR(p)的残差进行 *BDS* 检验。因此为了探测非线性，首先通过拟合一个线性模型，确认残差是不自相关的，然后再应用 *BDS* 检验。*BDS* 检验的零假设为残差是 i.i.d.。如果检验结果拒绝零假设，就意味着模型是非线性的。

本节选取上海股票市场的综合指数每日的收盘指数和深圳股票市场的成分指数每日的收盘指数作为研究对象。具体样本如下：

上证综合指数 1990 年 12 月 19 日至 1998 年 12 月 4 日，共计 1 996 个交易日；

深圳成分指数1991年4月3日至1998年12月4日，共计1 951个交易日。

若原始数据所构成的时间序列以$\{P_t\}$表示，P_t表示t时的股价指数。

以P_t作为因变量，$P_{(t-1)}$，$P_{(t-2)}$，…，$P_{(t-p)}$作为自变量，P_t对$P_{(t-1)}$，$P_{(t-2)}$，…，$P_{(t-p)}$进行回归分析，得到P_t的AR(p)残差序列：

$$X_t = P_t - (\alpha + \beta_1^* P_{(t-1)} + \beta_2^* P_{(t-2)} + \cdots + \beta_p^* P_{(t-p)})$$

此时时间序列X_t的长度为$T-P$，这样问题转化为对时间序列X_t进行*BDS*检验。对于线性的情形，检验残差序列也是检验模式识别是否正确的一种方法。值得指出的是，作为模式识别检验，*BDS*检验非常出色[Brock等1992]。

对于上证综合指数所构成的时间序列拟合AR(p)，并根据AIC或BIC准则，得到自回归阶数$p=2$，其残差序列的观察值个数为1 994，标准差$\sigma = 29.84$，取$\epsilon = 1/2^* \sigma$得：

m	*BDS*
2	17.79
3	24.15
4	31.93
5	41.60

因此当$\epsilon = 1/2^* \sigma$，嵌入维数$m=5$时，$BDS = 41.60$。

对于深证成分指数所构成的时间序列拟合AR(p)，并根据AIC或BIC准则，得到自回归阶数$p=2$，其残差序列的观察值个数为1 949，标准差$\sigma = 66.22$，取$\epsilon = 1/2^* \sigma$得：

m	BDS
2	23.42
3	35.87
4	54.96
5	84.79

因此当 $\epsilon = 1/2^{*}\sigma$，嵌入维数 $m = 5$ 时，$BDS = 84.79$。

在 $\alpha = 0.01$ 的显著性水平下，嵌入维数 $m = 5$ 时，BDS 的临界值为 2.25，因此上述检验结果均拒绝零假设，说明残差不是 i.i.d. 的，从而得到上海股票市场、深圳股票市场股价指数所构成的时间序列是非线性的，并由此说明了中国股票市场的非线性性。

8.4.2.3 结论

本节基于 Brock-Dechert-Scheinkman 提出的 BDS 统计检验实证研究了中国股票市场的非线性问题，得到了上证综合指数和深证成分指数所构成的时间序列，在拟合 AR(p)以去除线性成分后，其残差非 i.i.d.，因而表明中国股票市场的非线性性。这样中国股票市场的波动存在着集群性，即大幅度的波动集中在某些时段上，而小幅度波动则集中在另一些时段上，从而为导出在 Boldrin 和 Montrucchio 意义下的政策函数提供了可能性。

上述结论与应用 R/S 分析法研究中国股票市场的非线性所得到的结论是一致的。

8.5 经济系统的非线性——混沌与分形

经济系统中，既存在线性关系又存在非线性关系。线性关系指的是可以叠加的数学关系，体现经济变量之间按比例变化的特征，反映了部分和整体之间的加和性，即因果相当性，这种系统中两个原因的合并作用等于它们各自作用的简单和，然而在现实经济系统中，非线性关系才是最普遍的。经济行为的复杂多变恰恰是非线性相互作用导致的。股市的巨大幅度下跌以及某些经济时间序列的高度自相关性清楚地表现为非线性效应。非线性关系使得因果关系失衡。普利高津指出："线性律与非线性律的一个明显区别就是叠加性质有效还是无效：在一个线性系统里两个不同因素的组合作用只是每个因素单独作用的简单叠加。但在非线性系统中，一个微小的因素能导致用它的幅值无法衡量的戏剧效果。"

因此要正确认识经济现象，就无法回避非线性问题，所以无论从理论上还是从实践上，都迫切需要经济学家、决策者高度重视非线性问题，这也正是非线性经济学得以蓬勃发展的重要原因。

本节用混沌、分形理论讨论经济系统的非线性问题，并探讨其隐含的政策意义。

8.5.1 混沌、分形及其意义

传统经济学家的基本信条是长期的变化趋势有其深刻

的经济原因，而短期的不规则涨落的原因则是外在的随机因素，结果与之相应的经济数学模型，通常是线性（或对数线性）方程加上随机项的方法。如果经济现象的不规则波动被证明是属于混沌现象，即是由经济系统内部因素之间以及内部因素与外部因素之间的内在的非线性作用关系所决定貌似随机行为，那么，传统的经济理论关于随机性来源的假定，对于该类经济现象就是不适用的，也就要求对这类经济现象的认识得从经济系统内部着手，寻求其内在原因。

事实上，传统的经济理论模型有不少是依赖于经济现象波动的外随机性作用结果这一认识基础上建立起来的，如 EMH、组合证券理论和 CAPM。如果股票价格的变动不是传统上认为的随机游走，而是具有内在确定性规律的混沌运动，这就会动摇 EMH、CAPM 和组合证券理论。因此，经济混沌的存在要求发展出具有新范式经济理论基础。

长期以来，人们总是将运动分为两种类型：确定性运动和随机性运动，在牛顿创立经典力学后的很长一段时间内，自然科学家认为，一个确定性的系统在确定性条件下，响应也是确定性的，只要建立了方程，就可以根据初始条件来确定随后的运动。但后来发现有些系统，特别是非线性系统会表现出一种非常复杂、类似随机的行为，无法根据给定的初始条件确定系统将来的状态，于是就把这种行为称为混沌。在这种运动中，从稍有不同的初始条件出发的轨迹，将以指数规律迅速分离。这种运动有正的李雅普诺夫（Lyapunov）指数。

20 世纪 60 年代以来，一些令人注目的发展使人们对有序和随机的认识发生了革命性的变化，长期以来，关于自

然界中确定性的作用和随机性起源的观念从根基上发生了动摇。事实上，早在19世纪末，法国数学家Poincare就曾预言过混沌运动的一些行为，提出了Poincare猜想，他把动力学系统和拓扑学两大领域结合起来，指出了混沌存在的可能性。但由于条件的限制，他的预言没有引起更多的注意，直到1963年Lorenz第一次发现混沌。从此以后，研究进展很快：1971年Ruelle和Takens提出奇异吸引子(Strange Attractor)的名词；1975年Li和Yorke在American Mathematical Monthly杂志上发表了*Period three implies chaos*的著名文章，深刻地揭示了从有序到混沌的演变过程，首先使用混沌这一术语，并为以后的学者普遍接受；1976年May在Nature杂志上发表了*Simple mathematical models with very complicated dynamics*一文，向人们表明了混沌理论的惊人信息：简单的确定论数学模型竟然也可以产生看似随机的行为；在此基础上，Feigenbaum于1978年发现了倍周期分叉通向混沌的两个普适常数并引起了重整群思想，这是一个重大的发现，具有里程碑的意义，在这方面做过卓越工作的还有：Arnold, Smale, Melnikov, Kolmogorov和Moser等学者。

对于混沌，从拓扑学角度可以将其定义为：

设f是集合V到自身的映射，当f满足

(1)f有对初始条件的敏感依赖性；(2)f是拓扑传递的；(3)周期点在V中稠密，则：f在V上是混沌的。

f对初始条件的敏感依赖性是如下定义的：

$f:J\to J$有对初始条件的敏感性，如存在$\delta>0$，$\forall x\in J$和x的任何领域M，存在$y\in M$和$n>0$，使得：

$$|f^n(x)-f^n(y)|>\delta$$

拓扑传递性是如下定义的：

$f:J\to J$ 称为是拓扑传递的，如对任一开集 p 存在 $k>0$，使：

$$f^k(p)\cap V\neq\varnothing$$

其中 $V\in J$，J 为一集合，$f^k(p)$为函数 f 对自身的 k 次复合，即：

$$f^k(p)=f\cdot f\cdot f\cdot f\cdots f(p)$$

进一步的解释为，如果 f 所表示的系统是混沌的，因为对初始条件的敏感依赖性，所以该系统是不可预测的；因为拓扑传递性，该系统不能被分解为两个在 f 下不相互影响的子系统(两个不变的开子集合)；在这混乱的性态当中，规律性的成分是有周密的周期点。

混沌这种表面上看起来是随机的现象后面却又隐藏着一定的规律性和秩序，如奇异吸引子，分支，窗口等。混沌学研究的内容就是找出其中存在的规律和秩序，并将事物发展的必然性和偶然性，机率描述和决定论描述统一起来，最后再将研究结果作为工具去解决实践中困扰我们的复杂性难题。

虽然许多现象显然遵循严格的确定性规则，但大体上仍是无法预测的。混沌主要讨论非线性动力学系统的不稳定的、发散的过程，但系统状态在相空间中总是收敛于一定的吸引子。这与分形的生成过程十分相似。如果说混沌主要在于研究过程的行为特征，则分形更注重于吸引子本身结构的研究。

分形或分数维，简单地说就是没有特征尺度却有自相

似的结构，即存在标度律。分数维的发现，使我们能从一个似乎是杂乱无章的时间序列中计算出它的分数维，表征其结构。虽然分形现象并无统一的特征尺度，却有标度律，因而存在着规律性，我们可以找到一个不变尺度——分数维。Mandelbrot 在他早期的论文中，定义了分形集是满足 Hausdorff 维数严格大于拓扑维数的集合，进一步地分数维一定大于拓扑维而小于它所占领的空间维，如 Cantor 集具有维数 $\ln 2/\ln 3 = 0.631$，Koch 曲线具有维数 $\ln 4/\ln 3 = 1.262$。

分形与混沌的一致性并非偶然。这种一致性的背后存在着一种根深蒂固的联系。混沌的吸引子就是分形集。分形集就是动力学系统中那些不稳定轨迹的初始点的集合，即混沌集。在混沌性态中存在着有规律性的成分，即奇异吸引子。

已经证明，奇异吸引子的存在对于混沌既不是必要条件，也不是充分条件。不过，实际上在所有已知的混沌的有效应用中，奇异吸引子总是存在的。因此，应将混沌动态的存在等同于导致时间路径通向混沌的奇异吸引子的存在。奇异吸引子的潜在解释力是巨大的。

虽然混沌学排除了拉普拉斯决定论的可预见性的幻想，但是在经济系统的研究中引入混沌、分形和分维理论后，至少具有如下重要的意义：

第一，经济系统的非线性性对描述经济系统的数量变化引发的质变特别是突变有重大方法论的意义。从非线性性来看，一个经济系统的演化可以用一组微分方程（常微分方程和偏微分方程）来刻划，系统的某一状态对应于方程某

一特定解。如果状态不稳定，那么方程的特解也不稳定，而不稳定的特解不能描述一个在宏观上可以观察到的新质态、新结构。因此，对应于新质态、新结构的特解必须是稳定的。这就要求能正确描述经济系统演化的方程既要有不稳定的特解，也要有稳定的特解。这只能在非线性微分方程中才能实现。即，能够使经济系统旧质态失衡而又能产生稳定的新质态的经济系统的演化过程必然要包括非线性特征。

第二，经济系统从最困难的方面也是可以预测的，因为它们在许多方面具有自相似、自同构、自复制的性质。它也是对休谟归纳表征问题的最好解答，它指出，根本不用完全归纳就能在某种程度上进行预测，局部可能具有与整体相似性的“信息压缩”的性质。

混沌现象的发现开辟了科学模型化的一个新典范：一方面它意味着预测能力又受到新的根本性的限制；另一方面，混沌现象所固有的确定性表明许多随机现象实际上比过去想象的更容易预测。过去有许多过分复杂、看似随机的信息被束之高阁，实际上这些信息竟可以用简单的法则加以解释。

第三，经济系统具有多重关联性，因为就连价格这种单一经济因素也是由许多分形元组成的（对分维的性质），它是一个多维概念。

分形分维理论对于经济系统有重要的方法论意义，目前在十分困难的条件下，已经在分形分维经济学方面取得了一些重要的成果。Day 和 Boldrin 等已经提出了经济系统出现混沌的条件；Mandelbrot 通过对棉花价格的研究得

出了分维为1.7的重要数值;中国学者陈平确定了维数为1.5左右的货币奇怪吸引子;Benhabib和Day[1981]从消费者选择行为中发现了收入较高阶层消费者的消费行为存在的周期波动或混沌现象;Boldrin和Montrucchio [1986]研究了最优经济增长中的混沌问题,得出了一个重要结论,即在许多情况下,经济行为达不到最优而是相反,只是达到了最劣的结果。目前,关于经济系统中经济弹性的分维研究也取得了一系列成果。一般地,生活日用品、必需品或一般劳务对于价格的分维值较小,而非必需品、奢侈品、娱乐品或特殊劳务相对于价格的分维值较大,且具有复杂的分维结构。基尼(Gini)系数是描述收入分配平均程度的一个重要指标,它也与分维有关,当收入分配集中时,其分维值就小;反之,其对应的分维值要大。

第四,相空间重构技术的应用为寻找吸引子提供了技术上的支持。混沌动力学研究提出的一项操作性很强的技术是动力学系统相空间的重构,即只通过一维的时间序列,选择适当的嵌入维数,重构原来的多维相空间,进而寻找吸引子。此方法可用于寻找经济中的奇异吸引子,并计算其维数。

Peters[1991]在*A Chaotic Attractor for the S&P 500*一文中使用1950年1月到1989年7月的数据,在重构相空间之前先对原始数据进行非趋势化处理,得到去除趋势化的S&P500的分数维数近似等于2.33。这样,此系统的动力学可在三维相空间内讨论,选三个变量即可。

第五,除了相空间重构技术外,Mandelbrot所提出的分数布朗运动也可以用来刻化经济时间序列的长期关联性。

关于中国股票市场的分数维数，以上海股票市场的综合指数（样本区间 1990 年 12 月 19 日至 1998 年 10 月 5 日）与深圳股票市场的成分指数（样本区间 1991 年 4 月 3 日至 1998 年 9 月 24 日）所构成的时间序列作为研究对象，首先进行非趋势化处理，然后应用 R/S 分析法得到其 Hurst 指数分别为 $H=0.614$、$H=0.643$，这样其分数维数分别为 1.629 和 1.555，并由此说明了中国股票市场具有状态持续性的特性，股票市场的波动呈现出集群性，反映了中国股票市场的内在特性。

8.5.2 混沌性探索及其诊断

如果我们能确定一个不规则的经济现象是属于混沌的，那么也就能够用确定的规律性方程描述这一现象，至少从原理上讲，这是成立的；反之，若该现象不是混沌的，而是随机的，也就是说是由大量因素共同作用的结果，要把这些大量影响因素联结起来，用一个或一组方程描述就更困难了。通过对系统进行混沌诊断，能够确定一个经济现象是由多少个因素影响的，为建模中选取变量提供了参照标准，而不必将所有似乎都相关的因素内生化在一个系统方程里。通过混沌诊断，还能够识别出系统发生结构性变化的转折点，这也为系统的建模和预测，提供了重要信息。

判断一个系统的动态行为是否混沌，即是否有混沌吸引子存在，一般从混沌吸引子的两个基本条件特征上来判断：系统相空间中的吸引子是否具有自相似结构的分维几何体；系统对于初始条件是否具有敏感性。如果所研究的吸引子具备这两个特征，那么，我们就可以认为该吸引子是

混沌吸引子,系统的行为是混沌的。

在物理学中,用于混沌诊断的方法主要有计算柯尔莫哥洛夫熵(The Kolmogorov-Entropy,简称 K 熵)和 q 阶伊(Renyi)熵、功率谱分析(power spectrum analysis)、计算 Lyapunov 指数、分形维计算、Poincar 切面分析等方法。正的 Lyapunov 指数意味着混沌,换句话说,正的 Lyapunov 指数的重要作用之一就在于判断系统的混沌行为,正的最大 Lyapunov 指数可以用作数学定义。因此,最大 Lyapunov 指数的符号比它的数值更为重要。

然而,对于经济系统来说,由于反映其运行状态的时间序列一般较短,含有噪声,也不能重复试验,因此物理学中的方法就不能直接用来诊断经济时间序列中的混沌吸引子。诊断经济时间序列混沌性往往从混沌吸引子的两个基本特征及其判断的原理出发。

虽然现有的一些非线性特性是在某些序列中发现的(如股票收益等),但是 Brock 和 Sayers[1986]研究指出,人们不能否认这样一种假设:消除长期趋势的美国(1947～1985 年)实际季度 GNP 数据是运用相关维数的 Grassberger-Procaccia-Takens(GPT)测度,从一个 AR(2)中得到的。

如果可以得到一个无限数据集合,且在实际上运作得很好的话,GPT 估计可以确定 AR(2)的残差是否真实,但遗憾的是缺乏适用的渐进分布理论。Brock-Dechert-Scheinkman[1986]弥补了上述缺陷,根据 GPT 维数估计提出了一种统计分布理论,即 *BDS* 统计检验。

BDS 检验能够探测我们所忽视的非平稳性、非线性性。通过对时间序列进行去除趋势化的处理,判定时间序

列的非线性性,进而研究其混沌性。

下面的例子(一个逻辑斯蒂方程的变化形式)将说明 Boldrin 和 Montrucchio[1986]的结论:

令 $f(x) = x^{\{a(1-\ln x)+b[(\ln x)^2-1]\}}$

当 $\ln x = \lambda$ 时,可求出 a 和 b——它们使对于 $x \in [1, e]$的 $f(x)$最大化。当 $\lambda = 0.5$ 时,得到 $a = 4$, $b = 0$,从而得到了自然对数的“逻辑斯蒂混沌”(logistic chaos);对于 $\lambda = 0.56$,运用 $k_{t+1} = f(k_t)$而产生的数据在 1 000 个样本中,除一开始的滞后以外,(在对数中)未展示出任何明显的相关。因为 f 映射$(1, e)$于其自身且是 C^2 的,所以 Boldrin 和 Montrucchio 定理的条件被满足,由此得到一个 k_t 对 k_{t+1}的回归方程:

$$k_{t+1} = 0.467 + (0.088)k_t + U_t \qquad (8\text{-}30)$$

当然,这是与具有对数效用函数和由 $x_{t+1} = u_t(x_t - c_t)^{0.088}$(其中 u_t 是 i.i.d.)给出的动态的单一经济活动主体的模型相一致的。虽然(8-30)式甚至未能接近拟合于我们所掌握的任何实际数据,但它说明了在从决定论模型中导出呈对数线性状数据这一过程中 Boldrin 和 Montrucchio 结论的用途。

8.5.3 存在的问题

经济学家们有充分的实际理由检测出宏观数据中的非线性,并且他们也一直很清楚估计参数和评估政策干预的技术的重要性。Boldrin 和 Montrucchio[1986]的结论表明,人们能够在一个非线性决定的模型中导出一个政策函

数。值得指出的是，为使这一信息有用，就有必要估计现有的非线性。经济系统本身是一个复杂的非线性系统，宏观经济变量的不规则涨落，其根源是经济系统内部的非线性相互作用，出现混沌往往也是因为非线性机制的作用。

由于许多实际经济指标的数据表现出了一种较强的随机性和有界性，这就促使人们试图用混沌的方法来研究经济中的具体数据和模型的非线性作用，并希望能从中找到实际经济运行的机理。但是在探测混沌与分形的过程中仍然存在一些问题

(1)虽然经济过程的确处处有非线性，但如何刻化，即怎样建模，仍是一个难点。人工神经网络的研究与发展，为非线性问题的解决提供了广阔的前景。

神经网络系统是一个高度复杂的非线性动力学系统，其特色在于信息的分布式存储和并行协同处理。神经网络系统具有高度并行运算的能力和自适应的学习能力。此外，它还具有很强的容错性和鲁棒性，善于联想、综合和推广。特别是由于神经网络具有预测非线性系统未来行为的巨大潜力，更显示出其发展前景。

(2)一旦经济运行的外部环境发生较大的变化，许多经济指标往往出现较大的涨落，因而一项出于善意的政策可能会引起与期望相悖的效果，这是系统对初始条件敏感性的一种表现，体现了经济结构的不稳定性。因此对政策效果的评价也提出了可供研究的新问题。

(3)虽然许多经济模型中出现混沌现象，但是这些结论如何很好地应用于实际经济过程以及能否很好地加以应用还值得进一步研究探讨。因此如何理解经济模型中出现混

沌的意义,在这方面还有许多工作要做。

(4)关于相空间重构技术,由于受可供研究的经济数据的限制往往不能得到很好的应用,与此同时,通过相空间重构所得到的多维几何信息究竟应该选择什么样的变量来反映这些几何信息。这个问题也没有得到很好地解决。

(5)如何揭示时间序列中的非线性结构。由于直接检验时间序列中的混沌面临着很大困难,这样经济学家转向检验时间序列中是否存在非线性。其原因在于非线性是存在混沌的必要条件(但不是充分条件)。进一步地,如果经济数据中存在着非线性,则意味着传统的随机型数学模型受到了严重挑战。目前的研究还主要在于检验时间序列中是否存在非线性,还不能揭示其非线性结构。揭示时间序列中的非线性结构是一个重要的研究课题。

尽管如此,可以预料的是,随着混沌与分形理论研究的不断深入,将有助于经济系统的非线性的研究。

本章实证研究的结果表明中国股票市场呈现出非线性。给我们的启发是:由于资本市场呈现出非线性的特性,因此关于资本资产的定价将主要从非线性定价出发,为更深入研究资本资产定价奠定了基础。

参考文献

1. Admati, *A*., and P. Pfleiderer, 1988, A Theory of Intraday Patterns: Volume and Price Variability, *Review of Financial Studies* 1, Spring: 3-40.

2. Admati, A., and P. Pfleiderer, 1989, Divide and Conquer: A Theory of Intraday and Day-of -the-Week Mean Effects, *Review of Financial Studies* 2: 189-224.

3. Admati, A., and P. Pfleiderer, 1991, Sunshine Trading and Financial Market Equilibrium, *Review of Financial Studies* 4: 443-482.

4. Amihud, Y., and H. Mendelson, 1980, Dealership Market: Market Making with Inventory, *Journal of Financial Economics* 8: 31-53.

5. Anis, A.A, and E.H. Lloyd, 1976, The Expected Value of the Adjusted Rescaled Hurst Range of Independent National Summands, *Biometrika* 63.

6. Bachelier, L., Theory of Speculation, in P. Cootner (ed.), 1964, *The Random Character of Stock Market Prices*, Cambridge, MA: M.I.T. Press (Originally published in 1900).

7. Back, K., 1992, Insider Trading in continuous Time, *Review of Financial Studies* 5: 387-410.

8. Bagehot, W. [pseud.], 1971, The Only Game in Town, *Financial Analysts Journal* 27: 12-14, 22.

9. Barnett, W.A., J. Geweke and K. Shell, 1989, *Economic Complexity, Chaos, Sunpots, Bubbles, and Nonlinearity: Proceedings of the Forth International Symposium in Economic Theory and Economet-*

rics, Cambridge: Cambridge University Press.

10. Blume, L. E., and D. Easley, 1990, Implications of Walrasian Expectations Equilibria, *Journal of Economic Theory* 51: 207-227.

11. Blume, L. E., and D. Easley, 1992, Evolution and Market Behavior, *Journal of Economic Theory* 58:9-40.

12. Blume, L. E., D. Easley, and M. O'Hara, 1994, Market Statistics and Technical Analysis: The Role of Volume, *Journal of Finance* 49: 153-182.

13. Blume, L. E., M. M. Bray, and D. Easley, 1982, Introduction to the Stability of Rational Expectations Equilibria, *Journal of Economic Theory* 26: 313-317.

14. Boldrin, M., and L. Montrucchio, 1986, On the Indeterminacy of Capital Accumulation Paths, *Journal of Economic Theory* 40:26-39.

15. Bollerslev, Chou and Kroner, 1992, ARCH Modeling in Finance, *Journal of Econometrics* 52:5-59.

16. Bollerslev, T., 1986, Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity, *Journal of Econometrics* 31:307-327.

17. Brock, W. A., 1986, Distinguishing Random and Deterministic Systems, *Journal of Economic Theory* 40:168-195.

18. Brock, W. A. and C. Sayers 1988, Is the Business Cycle Characterized by Deterministic Chaos? *Journal of Monetary Economics* 22: 71-90.

19. Brock, W. A., D. Dechert and J. Scheinkman, 1986, A Test for Independence Based on the Correlation Dimension, *SSRI Working Paper*, No. 8702, Department of Economics, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

20. Brock, W. A., D. A. Hsieh and B. LeBaron, 1992, *Nonlinear*

Dynamics, Chaos, and Instability: Statistical Theory and Economic Evidence, The MIT Press.

21. Brown, D. P., and E. S. Schwartz, 1989, Portfolio Insurance and Financial Market Equilibrium, *Journal of Business* 62: 455-472.

22. Brown, D. P., and R. H. Jennings, 1989, On Technical Analysis, *Review of Financial Studies* 2: 527-552.

23. Campbell, J. Y., A.W. Lo and A.C. Mackinlay, 1997, *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton University Press, Princeton, NJ.

24. Cohen K., S. Maier, R. Schwartz, and D. Whitcomb, 1981, Transaction costs, Order Placement Strategy, and Existence of the Bid-ask Spread, *Journal of Political Economy* 89:287-305.

25. Cootner, P.. H. (ed), 1964, *The Random Character of Stock Market Price*. Cambridge MA: MIT. Press.

26. Copeland, L. Y., and D. Galai, 1983, Information Effects and the Bid-Ask Spread, *Journal of Finance* 38: 1457-1469.

27. David A Dickey & Wayne A Fuller, 1981, Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root, *Econometrica* 49:1057-1071.

28. Demsetz, H., 1968, The Cost of Transacting, *Quarterly Journal of Economics* 82: 33-53.

29. Diamond, D. W. and R. E. Verrechia, 1987, Constraints on Short-selling and Assets Price Adjustment to Private Information, *Journal of Financial Economics* 18:277-311.

30. Easley D., and M. O'Hara, 1987, Price, Trade Size and Information in Securities Markets , *Journal of Financial Economics* 19: 69-90.

31. Easley, D., and M. O'Hara, 1991, Order Form and Information in Securities Markets, *Journal of Finance* 46: 905-927.

32. Easley, D., and M. O'Hara, 1992, Adverse Selection and Large Trade Volume: The Implications for Market Efficiency, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 27: 185-208.

33. Engel, R.F., and C.W.J. Granger, 1987, Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing, *Econometrica*, 55:251-276.

34. Fama, E.F. , Efficient Capital Market: A Review of Theory and Empirical Work, *Journal of Finance* 25:1 970.

35. Feder, J., 1988, *Fractals*, Plenum Press, New York.

36. Feller, W., 1951, The Asymptotic Distribution of the Range of Sums of Independent Variables, *Annals of Mathematics and Statistics* 22.

37. Foster, F. D., and S. Viswanathan, 1990, A Theory of the Intraday Variations in Volume, Variance and Trading Costs in Securities Markets, *Review of Financial Studies* 3: 593-624.

38. Garman, M., 1976, Market Microstructure, *Journal of Financial Economics* 3: 257-275.

39. Glosten, L., 1989, Insider Trading, Liquidity, and the Role of the Monopolist Specialist, *Journal of Business* 62: 211-236.

40. Glosten, L., and P. Milgrom, 1985, Bid, Ask, and Transaction Prices in a Specialist Market with Heterogeneously Informed Traders, *Journal of Financial Economics* 13: 71-100.

41. Granger, C. W. J., 1969, Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods , *Econometrica*, 37:424-438.

42. Grassberger, P. and I. Procaccia, 1983, Measuring the

Strangeness of Strange Attractors , *Physica* (*D*), 9, 189-208.

43. Grossman, S. J., and J. E. Stiglitz, 1980, On the Impossibility of Informationally Efficient Markets, *American Economic Review* 70: 393-408.

44. Grundy, B. D., and M. McNichols, 1989, Trade and Revelation of Information Through Prices and Direct Disclosure, *Review of Financial Studies* 2:495-526.

45. Hellwig, M. F., 1982, Rational Expectations Equilibrium with Conditioning on Past Prices: A Mean Variance Example, *Journal of Economic Theory* 26: 279-312.

46. Hellwig, M. F., 1980, On the Aggregation of Information in Complete Markets, Journal of Economic Theory 22: 477-498.

47. Ho, T., and H. Stoll, 1981, Optimal Dealer Pricing Under Transactions and Return Uncertainty, *Journal of Financial Economics* 9: 47-73.

48. Ho, T., and H. Stoll, 1983, The Dynamics of Dealer Markets Under Competition, *Journal of Finance* 38: 1053-1074.

49. Holden, C. W., and A. Subrahmanyam, 1992, Long-lived Private Information and Imperfect Competition, *Journal of Finance* 47: 247-270.

50. Hsieh, D. A. , 1991, Chaos and Nonlinear Dynamics: Application to Financial Markets, *Journal of Finance* 46: 1839-1877.

51. Hurst, H. E. , 1951, The Long-term Storage Capacity of Reservoirs, *Transactions of the American Society of Civil Engineer* 116.

52. Hurst, H. E., R. P. Black and Y. M. Simaika, 1965, *Long-Term Storage: An Experimental Study*, London.

53. Johansen, S. and K. Juselius, 1990 , Maximum Likelihood Esti-

mation and Inference on Cointegration with Application to the Demand for Money, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 52:169-210.

54. Jordan, J., 1982, The Generic Existence of Rational Expectations Equilibria in the Higher Dimensional Case, *Journal of Economic Theory* 26: 224-243.

55. Jordan, J., and R. Radner, 1982, Rational Expectations in Microeconomic Models: An Overview, *Journal of Economic Theory* 26: 201-223.

56. Karpoff, J., 1987, The Relation Between Price Change and Trading Volume: A Survey, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 22, *March*:109-126.

57. Kendall, M.G., 1953, The Analysis of Economic Time series, Part I: Price, *Journal of Royal Statistical Society* 96, in P. Cootner (ed.), 1964, *The Random Character of Stock Market Prices*, Cambridge, MA:M.I.T. Press.

58. Wang, K., Y. Li and J. Erickesn, 1997, A New Look at the Monday Effect, *Journal of Finance* 52:2171-2186.

59. Kyle, A.S., 1985, Continuous Auctions and Insider Trading, *Econometrica* 53: 1315-1336.

60. Kyle, A. S., 1989, Informed Speculation with Imperfect Competition, *Review of Economic Studies* 56: 317-355.

61. MacKinnon, J., *Critical Values for Co-integration Tests*, in R.F. Engle and C. W. J. Granger (eds.), 1991, *Long-Run Economic Relationships*, Oxford University Press:267-276.

62. Madhavan, A., 1992, Trading Mechanisms in Securities Markets, *Journal of Finance* 47: 607-642.

63. Madhavan, A., and S. Smidt, 1991, A Bayesian Model of Intraday Specialist Pricing, *Journal of Financial Economics* 30:99-134.

64. Mandelbrot, B., 1960, The Pareto-Levy Law and the Distribution of Income, *International Economic Review* 1.

65. Merton, R. C., 1990, *Continuous-Time Finance*, Basil Blackwell, Cambridge, Mass.

66. Milgrom, P., and N. Stokey, 1982, Information, Trade, and Common Knowledge, *Journal of Economic Theory* 26: 17-27.

67. O'Hara, M., 1995, *Market Microstructure Theory*, Basil Blackwell Publisher.

68. O'Hara, M., and G. Oldfield, 1986, The Microeconomics of Market Making, *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 21, December: 361-376.

69. Peters, E., 1991, A Chaotic Attractor for the S&P 500, *Financial Analysts Journal*, March/April.

70. Peters, E.E., 1989, Fractal Structure in the Capital Markets, *Financial Analysts Journal*, July/August.

71. Trippi, R.R. (ed.), 1995, *Chaos and Nonlinear Dynamics in the Financial Markets*, IRWIN.

72. Radner, R., 1979, Rational Expectations Equilibrium: Generic Existence and the Information Revealed by Price, *Econometrica* 47: 655-678.

73. Radner, R., 1982, Equilibrium Under Uncertainty, in K. Arrow and M. Intrilligator (ed.), *The Handbook of Mathematical Economics*, Vol. 2, North-Holland, Amsterdam.

74. Scheinkman, J.A., and B. LeBaron, 1989, Nonlinear Dynamics and GNP Data, in W.A. Barnett, J. Geweke and K. Shell (ed.), *Economic Complexity, Chaos, Sunpots, Bubbles, and Nonlinearity: Proceedings of the Forth International Symposium in Economic Theory and Econometrics*, Cambridge: Cambridge University Press.

75. Scheinkman, J. A., and B. LeBaron, 1989, Nonlinear Dynamics and Stock Returns, *The Journal of Business* 62: 311-338.

76. Schwert, G. W., 1989, Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation, *Journal of Business & Economic Statistics*, 7:147-159.

77. Spiegel, M., and A. Subrahmanyam, 1992, Informed Speculation and Hedging in a Noncompetitive Securities Market, *Review of Financial Studies* 5: 307-330.

78. Stoll, H., 1978, The Supply of Dealer Services in Securities Markets, *Journal of Finance* 33: 1133-1151.

79. Subrahmanyam, A., 1991a, A Theory of Trading in Stock Index Futures, *Review of Financial Studies* 4:17-52.

80. Subrahmanyam, A., 1991b, Risk Aversion, Market Liquidity, and Price Efficiency, *Review of Financial Studies* 4:417-442.

81. Wang, J., 1994, A Model of Competitive Stock Trading Volume, *Journal of Political Economy* 102: 127-168.

82. 陈坚:"谈谈证券做市商制度",《证券业》,1996年第9期。

83. 陈小悦、陈晓、顾斌:"中国股市弱型效率的实证分析",《会计研究》,1997年第9期。

84. 戴国强,陆蓉:"中国股票市场的周末效应检验",《金融研究》,1999年第4期。

85. 戴国强、徐龙炳、陆蓉:"经济系统的非线性:混沌、分形",《经济学动态》,1999年第8期。

86. 高惠璇等编译:《SAS系统SAS/ETS使用手册》,中国统计出版社1998年版。

87. 哈尔·瓦里安:《微观经济学:高级教程》,经济科学出版社1997年版。

88. 黄小原:"动态经济系统中的混沌",《系统工程》,1990年第1期。

89. 林国春："股票市场中机构投资者与个人投资者的投机博弈"，《经济科学》，1997年第3期。

90. 林煊："柜台市场理论与实践研究"，《证券市场导报》，1997年第8期。

91. 吕益民、缪代文："大有可为的中国柜台交易"，《中国证券期货》，1998年第2期。

92. 文宗瑜：《证券场外交易的理论和实务》，人民出版社1998年版。

93. 徐剑刚："上海和深圳股票市场报酬的条件异方差和周末效应"，《统计研究》，1995年第6期。

94. 徐龙炳："上证指数与深证指数协整性研究"，《镇江师专学报》(社科版)，1998年第4期。

95. 徐龙炳："探讨资本市场有效性的一种有效方法：分形市场分析"，《财经研究》，1999年第1期。

96. 徐龙炳、陆蓉："*R/S* 分析探索中国股票市场的非线性"，《预测》，1999年第2期。

97. 徐寅峰："经济模型及经济混沌"，《西安交通大学学报》，1994年第3期。

98. 杨之曙："市场微观结构理论及其应用"，《经济科学》，1999年第7期。

99. 俞乔："市场有效、周期波动与股价波动"，《经济研究》，1994年第9期。

100. 袁东："证券市场上做市商制度的运作机理分析"，《证券市场导报》，1997年第2期。

101. 袁东："中国股票场外柜台交易及其引发的思考"，《中国期货》，1997年第5期。

102. 张立洪："经济数据中存在混沌吗？"，《自然杂志》，1993年第9期。

103. 张晓慧:"证券市场微观结构理论",收录于《证券经济理论》(第12章),贝多广主编,上海人民出版社1995年版。

104. 赵俊荣:"渐入佳境的台湾店头市场",《证券市场导报》,1995年第6期。

中英文人名对照

Admati, A.	阿米提
Amihud, Y.	阿米胡德
Bachelier, L.	巴舍利耶
Back, K.	贝克
Bagehot, W.	白芝浩
Bayes, T.	贝叶斯
Blume, L. E.	布鲁姆
Bray, M. M.	布雷
Brown, D. P.	布朗
Campbell, J. Y.	康贝尔
Cohen, K.	库恩
Copeland, L. Y.	柯普兰德
Demsetz, H.	德姆塞茨
Diamond, D. W.	戴蒙德
Easley, D.	埃斯利
Fama, E. F.	珐玛
Foster, F. D.	福斯特
Galai, D.	伽莱
Garman, M.	伽曼
Glosten, L.	格罗斯腾
Grossman, S. J.	格罗斯曼
Grundy, B. D.	葛朗迪
Hellwig, M. F.	休维格
Ho, T.	侯
Holden, C. W.	侯尔登

Huang, R. D.	黄
Jennings, R. H.	詹宁斯
Jordan, J.	乔丹
Karpoff, J.	卡波夫
Kyle, A. S.	凯尔
Lo, A. W.	劳
Mackinlay, A. C.	麦金利
Madhavan, A.	麦德哈范
Maier, S.	麦尔
McNichols, M.	麦克尼科尔斯
Mendelson, H.	蒙代尔松
Merton, R. C.	默顿
Milgrom, P.	米尔格罗姆
O'Hara, M.	奥哈拉
Oldfield, G.	欧德菲尔德
Pfleiderer	弗雷德尔
Radner, R.	雷德纳
Schwartz, R.	施瓦茨
Seppi, D.	塞皮
Smidt, S.	斯密特
Spiegel, M.	斯皮格尔
Stiglitz, J. E.	斯蒂格利茨
Stoll, H.	斯托尔
Subrahmanyam, A.	苏泊拉曼尼雅
Verrechia, R. E.	维瑞奇亚
Viswanathan, S.	维斯瓦那珊
Wang, J.	王
Whitcomb, D.	怀特克姆